ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 3(31), 2019 г.
Научно – производственный журнал основан в 2012 году.
Периодичность издания – 4 номера в год.
ISBN 9 785905 402036

Учредитель и издатель – **Государственное научное учреждение**
Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур
Российская академия сельскохозяйственных наук

Главный редактор

Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН

Заместитель главного редактора

Сидоренко Владимир Сергеевич – к. с.-х наук

Ответственный секретарь

Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Артюхов Александр Иванович, д. с.-х наук

Амелин Александр Васильевич, д. с.-х наук

Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН

Бобков Сергей Васильевич, к. с.-х наук

Бударина Галина Алексеевна, к. с.-х наук

Васин Василий Григорьевич, д. с.-х. наук

Гурин Александр Григорьевич, д. с.-х наук

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук

Возиян Валерий Иванович, д. с.-х наук

Задорин Александр Михайлович, к. с.-х. наук

Кобызева Любовь Никифоровна, д. с.-х наук

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

Матвейчук Петр Васильевич, к. с.-х наук

Серекпаев Нурлан Амангельдинович, д. с.-х наук

Суворова Галина Николаевна, к. с.-х наук

Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук

Чекмарев Петр Александрович, академик РАН

Шевченко Сергей Николаевич, член-корр. РАН

Научный редактор, корректор
Грядунова Н.В.
Технический редактор
Хмызова Н.Г.
Перевод на английский язык ***Стефанина С.А.***
Фотоматериал ***Черненький В.А.***

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации ПИ №ФС 77-45069, от 17 мая 2011 г.

Журнал включен в Перечень ВАК Минобразования России ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук:
https://perechen.vak2.ed.gov.ru

Полные тексты статей в формате pdf доступны на сайте журнала: **https://journal.vniizbk.ru**

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) **http://eLIBRARY.RU** и международную базу данных AGRIS ФАО ООН **http://agris.fao.org**

Адрес редакции, издателя, типографии:
302502, Орловская область, Орловский район, пос. Стрелецкий, ул. Молодежная, д.10, корп.1
тел.:(4862) 40-33-15, 40-30-04
E-mail: ***office@vniizbk.orel.ru***
Сайт: ***https://vniizbk.ru***

Дата выхода в свет: 21.09.2019 г.
Формат 60x88/8.
Гарнитура Times New Roman.
Тираж 300 экз.
Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»
Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

Грядунова Н.В. Аграрная неделя Орловской области – 2019 …….4

Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Цыганкова Н.В., Крахмалева О.А. Селекция восстановителей мужской фертильности для получения гибридов F_1 озимой ржи ……9

Бобков С.В., Селихова Т.Н. Получение межвидовых гибридов гороха для использования в маркерной селекции на высокое качество белка ……..…15

Соболева Г.В., Соболев А.Н. Скрининг различных морфотипов гороха по устойчивости к осмотическому стрессу в селективных системах *in vitro* ……22

Браилова И.С., Филатова И.А. Коллекция гороха – источник хозяйственно ценных признаков ……27

Коробова Н.А., Коробов А.П., Лысенко А.А., Пучкова Е.В., Шапошникова Ю.В. Сравнительная характеристика районированных сортов гороха Донской селекции ……...34

Возиян В.И., Якобуца М.Д., Авэдэний Л.П. Селекционные достижения в создании новых сортов зернобобовых культур в НИИПК «Селекция» республики Молдова ……..42

Шакирзянова М.С., Шагаев Н.А. Сорт гороха посевного Кулон и его морфологическая характеристика ……47

Градобоева Т.П. Корневые гнили гороха в условиях Кировской области ……...……51

Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Основная обработка почвы под горох в условиях недостаточной влагообеспеченности ……..…..58

Ержебаева Р.С., Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С., Даниярова А.К, Амангелдиева А.А. Поиск источников засухоустойчивости среди новой коллекции сои (*Glycine max*) в условиях юго-востока Казахстана ……...……..63

Головина Е.В. Эколого-генетическая изменчивость содержания пигментов в листьях сортов сои северного экотипа ……74

Егорова Г.П., Шеленга Т.В., Проскурякова Г.И. Биохимическая характеристика семян люпина (*Lupinus* L.) из коллекции ВИР ……..……..79

Донская М.В., Суворова Г.Н., Донской М.М. Новый сорт нута Аватар ……...…87

Костикова Н.О. Технологические и потребительские показатели качества зерна фасоли 92

Котляр А.И., Бобков С.В. Регенеранты проса посевного в коллекции ФНЦ ЗБК ……....95

Антонов В.Г., Дементьев Д.А. Эффективность комплексной защиты озимой пшеницы новыми препаратами АО Фирмы «Август» ……..…97

Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Влияние условий выращивания овса на суммарное содержание антиоксидантов в зерне и величину продуктивности ……..…103

CONTENT

Gryadunova N.V. Agrarian week of Orel region – 2019 ……..4

Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N., Tsygankova N.V., Krakhmaleva O.A. The breeding of restorators male fertility for receiving hybrids F1 of winter rye ……..……9

Bobkov S.V., Selikhova T.N. Obtaining pea interspecific hybrids for use in marker assistant selection on high protein quality ……..15

Soboleva G.V., Sobolev A.N. Screening of various pea morphotypes for resistance to osmotic stress in selective *in vitro* systems ……22

Brailova I. S., Filatova I. A. Pea collection - source of economically valuable characteristics …..27

Korobova N.A., Korobov A.P., Lysenko A.A., Puchkova E.V., Shaposhnikova Y.V. Comparative characteristics of cultivars of peas Donskoy breeding ……34

Voziyan V.I., Yakobuca M.D., Avedenij L.P. Breeding achievements in creating new varieties of leguminous crops in the Scientific Research Institute of Field Crops «Selekciya» republics Moldova ……42

Shakirzyanova M.S., Shagaev N.A. Field pea variety Kulon and its morphological characteristics ……47

Gradoboeva T.P. Root rots of peas in the conditions of the Kirov region ……..51

Garmashov V.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A. Main tillage for peas in conditions of insufficient moisture supply ……..58

Erzhebaiyeva R.S., Didorenko S.V., Kudaybergenov M.S., Daniyarova A.K, Amangeldiyeva A.A. The search for sources of drought resistance among a new collection of soybean (*Glycine max)* in conditions of south-eastern Kazakhstan ……...…63

Golovina E.V. Ecological and genetic variability of pigment content in the leaves of soybean varieties of the northern ecotype ……...74

Egorova G.P., Shelenga T.V., Proskuryakova G.I. Biochemical characteristics of seeds of lupin (*Lupinus* L.) from VIR collection ……..79

Donskaya M.V., Suvorova G.N., Donskoj M.M. New chickpea variety Avatar ……...87

Kostikova N.O. Technological and consumer indicators of quality of bean grain ……..92

Kotlyar A.I., Bobkov S.V. Regenerants of common millet in the collection FNC ZBK ……95

Antonov V.G., Dementiev D.A. Efficiency of integrated protection of winter wheat new drugs, JSC Firm «Avgust» ……...97

Polonskiy V.I., Sumina A.V., Shaldaeva T.M. Influence of cultivation conditions on yield and total antioxidants content in oat grain ……103

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 63:006.3(471.321)

АГРАРНАЯ НЕДЕЛЯ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ – 2019

Н.В. ГРЯДУНОВА, кандидат биологических наук
ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

С 18 по 23 июня в Орловской области проходил форум **«Аграрная неделя Орловской области – 2019»**, в рамках которого состоялись: **Международная научная конференция** «Инновации в растениеводстве как ключевой фактор повышения конкурентоспособности агропромышленного комплекса с учётом современных рыночных вызовов»; **День поля, ярмарка сортов и гибридов на Шатиловской СХОС; Международная научная конференция** «Биологизация и продовольственная безопасность – векторы развития современного АПК» (3-и научные чтения, посвящённые памяти академика Н.В. Парахина); **10-я юбилейная научно-практическая конференция АО «Щёлково Агрохим»** «Раскрываем потенциал культур, программируем урожайность и влияем на прибыль»; **Российско-Китайский семинар** «Производство и селекция крупяных культур в Российской Федерации и Китайской Народной Республике»; **День поля «ФосАгро – Орёл»** в ООО «Северное сияние» Покровского района. Завершилась Аграрная неделя **22 июня** Спортивным фестивалем.

Организаторами форума выступили: Правительство Орловской области; Министерство науки и высшего образования РФ; Российская академия наук; ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур»; ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина»; Акционерное общество «Щёлково Агрохим»; ООО «ФосАгро – Орёл»; ФГБНУ «ВНИИ селекции плодовых культур».

В подготовке и проведении Агрофорума в этом году акцент сделан на инновационные технологии, которые являются ключевым фактором повышения конкурентоспособности агропромышленного комплекса с учётом современных рыночных условий.

В мероприятиях приняли участие свыше 3000 человек, в том числе: академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук РАН академик Ю.Ф. Лачуга, академики РАН – Е.Н. Седов, И.Г. Ушачёв, С.Д. Каракотов, В.И. Турусов, А.А. Гончаренко, А.А. Жученко, члены-корреспонденты РАН В.И. Зотиков, А.М. Медведев, А.И. Прянишников, ио председателя ФГБУ «Госсорткомиссия» О.С. Лесных, Губернатор и Председатель Правительства Орловской области А.Е. Клычков, Председатель Орловского областного Совета народных депутатов Л.С. Музалевский, зам. Председателя Правительства по развитию агропромышленного комплекса Д.В. Бутусов, руководитель Департамента сельского хозяйства С.П. Борзёнков, генеральный директор Национального союза селекционеров и семеноводов России доктор экономических наук А.В. Михилев; руководители и специалисты федеральных и региональных органов управления АПК; учёные из 45 научно-исследовательских учреждений и учебных вузов России, Украины, Беларуси, Таджикистана, Китая, селекционеры, технологи, представители агрохолдингов, фермерских хозяйств, бизнеса и производства.

В соответствии с Программой Агрофорума **18 июня** в Орловском государственном аграрном университете им. Н.В. Парахина в рамках третьих научных чтений, посвящённых памяти академика Н.В. Парахина, прошла международная научная конференция «Биологизация и продовольственная безопасность – векторы развития современного АПК». В конференции приняли участие 135 человек из 12 регионов Российской Федерации, а также представители Китая, Таджикистана, Украины.

Основные направления научных чтений – биологизация сельского хозяйства – как этап перехода к органическому земледелию; повышение продуктивности и экологической

устойчивости сельскохозяйственных культур; цифровизация сельского хозяйства – ключевой технологический аспект динамичного развития отраслей АПК.

Перед началом работы участники конференции возложили цветы к памятнику академику РАН Николаю Васильевичу Парахину.

Участников конференции приветствовали: ректор Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина доктор экономических наук, профессор Т.И. Гуляева; зам. Председателя Правительства Орловской области по развитию АПК Д.В. Бутусов; академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук РАН академик РАН Ю.Ф. Лачуга.

С обстоятельными докладами на конференции выступили академики РАН: А.А. Жученко «Генетические ресурсы и селекция растений – главные механизмы адаптации»; А.А. Гончаренко «Оценка крупяных качеств различных сортов озимой ржи»; И.Г. Ушачёв «Механизмы обеспечения продовольственной безопасности России»; Е.Н. Седов «Роль селекции яблок в биологизации производства сортов». Член-корреспондент РАН В.И. Зотиков свой доклад посвятил роли и значению научных исследований академика РАН Н.В. Парахина в развитии биологизации земледелия. Были заслушены свыше 20 докладов и принята Резолюция конференции.

Кроме того, в этот день прошли: в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур Р**оссийско - Китайский семинар** «Производство и селекция крупяных культур в Российской Федерации и Китайской Народной Республике**».** Китайскую делегацию представляли: Чэн Жухун – директор Сельскохозяйственной академии провинции Хибей и профессора академии Лиу Гуоквинг и Ванг Худжун, профессора Фенг Байли, Чаи Ян из Северо-Западного сельскохозяйственного университета провинции Шаанкси и аспирантка Гао Динфенг; **День поля ФосАгро** в ООО «Северное сияние» Покровского района. «ФосАгро» **–** российская вертикально-интегрированная компания, занимающая лидирующие позиции в мире по обьёмам выпуска фосфорсодержащих минеральных удобрений и высокосортного фосфатного сырья **–** апатитового концентрата с содержанием P_2O_5 до 39 и более процентов. На полигоне площадью в 20 гектаров были выращены различные культуры – кукуруза, подсолнечник, соя, нут, ячмень и рапс. В организации работы полигона приняли участие крупнейшие промышленные структуры аграрного сектора – **Limagrain, Amasone, Basf, FarmersEdge, АО «Щёлково агрохим» и «АгроГард».**

19 июня на пленарном заседании Международной конференции, проходившей в Круглом зале областной Администрации, были заслушаны 6 основных докладов по различным направлениям развития селекции, семеноводства, их роли в повышении продуктивности и экологической устойчивости растениеводства. В своём приветственном слове заместитель Губернатора по развитию агропромышленного комплекса Д.В. Бутусов, выступивший модератором конференции, отметил своевременность проведения конференции, пожелал конструктивного обсуждения обозначенных проблем.

От имени Российской академии наук участников конференции приветствовал академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук академик РАН Ю.Ф. Лачуга. Его выступление было посвящёно вопросам использования биологических ресурсов для сохранения и повышения плодородия почв. С докладом на тему «Повышение экспортного потенциала на основе инновационного развития АПК России» выступил академик РАН И.Г. Ушачёв. Н.Ф. Лавренчук из Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко особое внимание уделил вопросам повышения конкурентоспособности новых селекционных достижений и качеству продукции, особенно зерна пшеницы. В докладах В.А. Гусева, С.А. Засимова дан анализ специфике работы с экспортными партиями продукции растениеводства в регионах, освещены вопросы рационального использования потенциала плодородия почв для повышения рентабельности хозяйств Орловской области. Об особенностях организации селекции, семеноводства и реализации семян в Республике Беларусь был доклад Шевчик С.Н. (директор РУП «Гродненский зональный институт растениеводства Национальной академии наук Белоруссии»).

В докладах и выступлениях был представлен анализ современного состояния отрасли и перспективных направлений её развития для дальнейшего решения стратегических задач по импортозамещению и обеспечению продовольственной безопасности страны. Подчёркивалось, что в решении задач развития сельскохозяйственного производства, связанных с устойчивым ростом продуктивности и качества зерна, центральное место занимает широкое использование новых сортов и гибридов отечественной селекции на основе организации первичного семеноводства. При этом особую тревогу вызывает тот факт, что семеноводческая отрасль сегодня переживает не лучшие времена из-за недостатка технических средств, малогабаритной сельскохозяйственной техники. Большое внимание в выступлениях уделялось вопросам повышения качества продукции, особенно зерна пшеницы. Отмечалась роль и значение инновационных агротехнологий, ориентированных на получение максимальной, экономически обоснованной урожайности, использование биологических ресурсов для сохранения и повышения плодородия почв, применение современных технологий управления урожаем, передовых систем защиты растений, создание информационных баз данных и программных платформ для агропромышленного комплекса Орловской области.

Во второй половине дня участники мероприятий посетили ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, осмотрели полевые научные опыты и производственные посевы, ознакомились с научными достижениями и современными разработками по селекции гороха, фасоли, вики посевной, кормовых бобов, чечевицы, сои, гречихи, проса и другим культурам. В выступлениях врио директора А.М. Задорина, научного руководителя Центра члена-корреспондента РАН В.И. Зотикова, заведующих научными подразделениями В.С. Сидоренко, А.А. Зеленова, А.Н. Фесенко, З.Р. Цукановой, Г.Н. Суворовой, Г.А. Будариной, П.В. Ятчук было отмечено, что на основе разработанных научных концепций селекционного процесса созданы сорта нового поколения, обладающие комплексом ценных признаков и свойств: высокой стабильной урожайностью, устойчивостью к патогенам, пластичностью и адаптивностью. Особое внимание при этом уделяется проблеме повышения качества продукции, разработке систем защиты растений в современных технологиях возделывания. Отмечено, что для использования в производстве в Государственный реестр селекционных достижений 2019 года внесены 102 сорта зерновых, зернобобовых, крупяных культур и клевера лугового селекции Центра. Среди сортов «долгожителей» есть и сорта-новинки; горох Родник, фасоль Стрела и Маркиза, вика посевная яровая Ливенка и Обельна, соя Мезенка и Осмонь, кормовые бобы Красный богатырь, чечевица Восточная и Орловская краснозёрная, чина Славянка, нут Аватар, овёс Самсон 57, гречиха Даша, просо Привольное.

Параллельно в Малом зале Администрации Орловской области в формате «Наука, Власть и Бизнес» состоялось заседание Круглого стола «Цифровизация в сельском хозяйстве: стратегия и тактика. Региональный аспект». Цель Круглого стола – выработка подхода к реализации государственной политики в направлении цифровизации агропромышленного комплекса Орловской области.

В его работе приняли участие представители Министерства сельского хозяйства РФ, органов государственной власти специальной компетенции Орловской области, Института проблем управления РАН, сельскохозяйственных товаропроизводителей, поставщиков услуг в области цифровизации агропромышленного комплекса из Орловской, Белгородской и Саратовской областей.

Участники заседания Круглого стола констатируют: Межведомственное взаимодействие органов государственной власти, коммерческих организаций и научных учреждений необходимо для построения скоординированной работы на всех уровнях цифровой экономики во исполнение распоряжения Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р.; считают необходимым поддержать предложение МСХ РФ о включении Орловской области в качестве пилотного региона при выполнении ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» и в проект создания суперсервиса

«Государственная поддержка бизнеса» в сфере агропромышленного комплекса федерального проекта «Цифровое государственное управление» Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», учитывать это при развитии региональных информационных систем и в работе участников процесса цифровизации АПК Орловской области.

20 июня состоялись День поля и Ярмарка сортов и гибридов полевых культур на Шатиловской СХОС.

Участников этого масштабного мероприятия тепло приветствовали Губернатор и Председатель Правительства Орловской области А.Е. Клычков, Председатель областного Совета народных депутатов Л.С. Музалевский и другие ответственные лица.

Участники форума осмотрели демонстрационные посевы экологического испытания более 350 сортов и гибридов 25 полевых культур из различных селекционных центров России и Беларуси, ознакомились с выставками современных агротехнологий и машин, средств защиты растений от вредителей и болезней, приняли участие в работе Круглого стола. Свои экспоненты на Дне поля представили около 30 организаций, среди них: ООО АПК «АГРО БИЗНЕС АЛЬЯНС», ООО «ДорАгроМаш», ООО «Партнёр Агро», ЗАО «Новый век агротехнологий», ООО « ЭкоНива-Семена» и другие.

При ознакомлении с демонстрационными посевами сельскохозяйственных культур авторы сортов в комментариях подчёркивали наиболее ценные признаки и биологические особенности перспективных селекционных достижений. В ходе обмена опытом было отмечено, что современная селекция наряду с традиционными запросами производства (продуктивность, устойчивость к неблагоприятным факторам, скороспелость, технологичность и т.д.) должна ориентироваться и на развивающиеся в мире новые тенденции использования культур, новые технологии их переработки. При создании сорта любого направления использования необходимо учитывать агроэкологический принцип, так как в условиях нашей страны с ее огромной территорией и разнообразием почвенно-климатических условий значение адаптированных сортов особенно велико. Использование в селекционном процессе генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей способствует поддержанию высокого уровня урожайности культур в условиях изменяющегося климата. Для обеспечения стабильного производства продукции растениеводства, отрасль должна ориентироваться не только на использование высококачественных семян сортов нового поколения, но и на комплексный подход в реализации адаптивного потенциала каждого культивируемого вида и сорта, используя при этом широкомасштабное экологическое испытание, оптимальное агроэкологическое районирование.

Состоялось заседание Круглого стола «Экспорт продукции АПК: качество как ключевой фактор успеха». Участники Круглого стола обсудили региональные аспекты экспорта АПК, какие вызовы и возможности существуют сегодня. Речь шла о роли государства в экспорте продукции АПК, инфраструктурном обеспечении экспортной деятельности, о рисках при экспорте АПК и способах их минимизации.

21 июня в ООО «Дубовицкое» Малоархангельского района состоялся **АгроФестиваль «Бетарен-2019».** В этот раз 10-й юбилейный агрофестиваль прошёл с особенным размахом, в новом, расширенном формате, стал ярче и информативнее. Участники мероприятия осмотрели тематические экспозиции, образцы продукции Компании и её дочерних предприятий, выставку сельскохозяйственной техники Итальянских компаний, дилером которых является «Щёлково-Агрохим», а также производственные посевы сортов озимой и яровой пшеницы, сои, гороха и других востребованных на рынке культур. Специалисты Компании представили предварительные результаты об эффективности использования перспективных инокулянтов для обработки семян сои, а также препаратов для предпосевной обработки семян различных культур.

Завершилась Аграрная неделя **22 июня** Спортивным фестивалем, в котором приняли участие более 600 работников АПК и социальной сферы. Соревнования прошли по 11 видам

спорта, включая соревнования дояров, косарей, механизаторов. В общекомандном зачёте призовые места заняли команды: из Ливенского района – 1 место, Мценского – 2, 3 место у команды из Покровского района.

Участники Агрофорума – 2019 постановили:

1. В соответствии с Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы «О снижении уровня импортозависимости» по ряду позиций в АПК страны расширить сортимент используемых в производстве культур, ускорить создание новых сортов, разработать приемы и технологии управления вегетацией и продуктивностью агроценозов за счет рационального применения удобрений, средств защиты растений, современных методов контроля за формированием продуктивности и качества продукции, создания производств для глубокой ее переработки.

2. Учитывая продолжающееся реформирование научно-исследовательских учреждений и вузов, целесообразно создание комплексных программ и проектов, включающих подготовку высококвалифицированных специалистов, владеющих современными методами исследований на основе молекулярной биологии, генетики, приемами редактирования генома, селекции, семеноводства, технологиями получения органической продукции на основе использования функционально ценных и активных биологических компонентов природного происхождения. Организовать стажировку специалистов в ведущих отечественных и зарубежных научных учреждениях.

3. Для разработки новых эффективных наукоемких генетико-селекционных технологий созданным Федеральным научным центрам необходимо оказать целевую финансовую поддержку на обновление материально-технической базы, приобретение современного научного оборудования и приборов, малогабаритной техники для ускоренной реализации новых технологий селекционного процесса с целью создания новых сортов и гибридов, отличающихся высокой адаптивной устойчивостью к абиотическим стрессам, мороза-и зимостойкостью, засуха и жаростойкостью, толерантностью к опасным вредителям и болезням, обладающих новыми ценными потребительскими качествами и свойствами.

4. Целесообразно усилить координационную функцию государственных органов по организации системы сортоиспытания и совершенствования методики оценки новых сортов, механизма их допуска к использованию с учетом интенсивных технологий производства и обязательной оценкой по целому спектру качественных показателей.

5. С принятием законов об органическом земледелии, органическом сельском хозяйстве и экологически чистой (органической) продукции научно-исследовательским учреждениям и Центрам необходимо разработать комплекс агротехнологий с использованием биологических средств защиты растений, эффективных биопрепаратов и биостимуляторов, усиливающих ростовые процессы в агроценозах без снижения их продуктивности и качества продукции.

6. В связи с возрастающими требованиями к качеству зерна на внешнем и внутреннем рынке и согласно поручения Президента РФ В.В. Путина о необходимости производства к 2024 г 32 млн. т высококлассного зерна, внести существенные коррективы в структуру посевных площадей: увеличить долю сильных и ценных по качеству сортов отечественной селекции и долю производственных посевов элитными семенами до 15%.

7. Требуется поэтапный переход от внедрения в производство отдельных элементов автоматизации в агропромышленном комплексе Орловской области с применением современных цифровых технологий к комплексной координации реализации в регионе ведомственного пилотного проекта МСХ РФ «Цифровое сельское хозяйство» государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

8. Усовершенствовать механизмы постановки на учет объектов интеллектуальной собственности, защиты прав патентообладателей сортов, процедуры сбора роялти на основе доступной информации о сортовых посевах сельскохозяйственных культур, предоставляемых уполномоченными органами МСХ РФ.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11107
УДК 633.14:630.165.41

СЕЛЕКЦИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ МУЖСКОЙ ФЕРТИЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБРИДОВ F_1 ОЗИМОЙ РЖИ

А.А. ГОНЧАРЕНКО, академик РАН
А.В. МАКАРОВ, доктор сельскохозяйственных наук
С.А. ЕРМАКОВ, Т.В. СЕМЕНОВА, В.Н. ТОЧИЛИН, Н.В. ЦЫГАНКОВА, кандидаты сельскохозяйственных наук, **О.А. КРАХМАЛЕВА**
ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»»
E-mail: goncharenko05@mail.ru

В селекции озимой ржи на основе ЦМС широко используется стерильная цитоплазма Р-типа, отличительной особенностью которой является низкая частота восстановителей фертильности. Это создает определенные трудности в селекции гибридной ржи. Целью проведенных исследований было выявление новых эффективных восстановителей мужской фертильности в стерильной цитоплазме Pampa-типа. Оценивали индекс восстановления фертильности (RI) у тесткроссов, полученных от скрещивания 16 двухлинейных синтетиков и 21 инбредной линии с линией Н-1185, взятой в качестве ЦМС – тестера. У тесткроссов с участием инбредных линий индекс RI варьировал от 8,4 до 86,1%, а у тесткроссов с участием синтетиков – от 12,2 до 90,0%. Установлено, что *большинство изучаемых синтетиков и инбредных линий лишь частично восстанавливали мужскую фертильность в тестовых скрещиваниях. Почти полное восстановление пыльцевой фертильности (на уровне RI≥67%) показали только 7 синтетиков из 16 и 2 инбредные линии из 21. Особого внимания заслуживают синтетики С-8090/12 (RI=90,0%) и С-8082/12 (RI=88,4%), а также линии Н-663 и Н-*649, *оказавшиеся частичными восстановителями фертильности. Они представляют интерес для селекции пыльцевых родителей коммерческих гибридов. Выделены линии Н-451, Н-732 и Н-1185, которые показали почти полное закрепление стерильности (RI =0,9…1,6%). Обсуждаются перспективы их использования в селекции гибридной ржи.*

Ключевые слова: гибридная рожь, синтетик, инбредная линия, цитоплазматическая мужская стерильность, восстановитель фертильности, закрепитель стерильности, индекс восстановления.

Озимая рожь является единственной колосовой культурой, у которой реально достижимо использование эффекта гетерозиса. Однако начало гибридной селекции озимой ржи на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) было положено недавно, всего лишь 50 лет назад [1]. Первые гетерозисные гибриды ржи были получены в Германии в 1980-х годах. Их внедрение позволило резко повысить урожайность культуры и эффективно решить многие другие задачи селекции: улучшить устойчивость к полеганию, снизить поражение болезнями, повысить качество зерна. Явное преимущество гибридов явилось причиной постоянного сдвига соотношения между сортами и гибридами в пользу более урожайных гибридов, площадь под которыми в мире приближается к 1 млн. га [2, 3].

В селекции гибридной ржи существенно важно иметь материалы с двумя эффективно работающими механизмами: 100%-ной цитоплазматической мужской стерильностью и 100%-ной способностью пыльцевого родителя восстанавливать мужскую фертильность в стерильной цитоплазме. В общебиологическом плане явление ЦМС представляет собой мутацию ДНК в геноме клеточных органелл – митохондрий, находящихся в цитоплазме. Эта мутация вызывает дегенерацию андроцея цветка, которая проявляется либо в дегенерации пыльников, либо в их нераскрытии, либо в продуцировании нежизнеспособной пыльцы. Фертильность растений восстанавливается (полностью или частично) при наличии в клеточном ядре доминантного аллеля гена-восстановителя фертильности (т.н. Rf-гена).

Генотипы, имеющие в цитоплазме мутантные митохондрии и являющиеся гомозиготами по рецессивному аллелю rf, являются мужски стерильными, тогда как все остальные являются мужски фертильными [4].

В селекции гибридной ржи наиболее широкое применение получила мужски стерильная цитоплазма Р-типа, обнаруженная в популяции аргентинского сорта Пампа. Было показано [5], что мужская стерильность в цитоплазме Р-типа контролируется двумя парами независимых рецессивных генов и имеет формулу: (S) rf_1rf_2. Для этого типа цитоплазмы характерна высокая частота закрепления стерильности, но очень редко встречаются восстановители фертильности. Отличительной особенностью цитоплазмы Р-типа является то, что по отношению к ней гены-восстановители фертильности (Rf) у большинства европейских сортов ржи встречаются с низкой частотой (3,5%), а гены-закрепители стерильности (rf) – с высокой частотой (85%) [6]. Это создает определенные трудности при селекции гибридных сортов на основе цитоплазмы Р-типа.

Суть проблемы в том, что при неполном восстановлении фертильности и недостаточном пыльцеобразовании гибриды F_1 ржи могут сильно поражаться спорыньей, из-за чего полученное зерно не может быть использовано в хозяйственных целях. Первая линия-восстановитель для цитоплазмы Р-типа (L-18) была получена проф. Г.Г. Гайгер в Германии [7], но она не получила широкого использования в селекции из-за недостатков по ряду признаков. Это побудило развернуть поиски новых эффективных источников восстановителей фертильности [8, 9]. Немецкие исследователи T. Miedaner et al. [10] сообщают, что ими были обнаружены в примитивных сортообразцах ржи из Ирана и Аргентины генотипы с сильным восстановлением фертильности пыльцы. Было установлено, что эти источники несут 2 сильных гена-восстановителя Rfp1 и Rfp2, которые обеспечивают 59-68% фенотипического варьирования по пыльцеобразованию. Методом маркер-опосредованного беккроссинга новые гены-восстановители были переданы в генотипы синтетиков-опылителей некоторых перспективных гибридов. Так был получен первый гибрид Pollino (plus), несущий сильные гены-восстановители. Испытания показали, что гибриды с улучшенным пыльцевым родителем имеют лучшую пыльцевую продуктивность и меньше поражаются спорыньей. В то же время были выявлены их слабые места: они оказались менее устойчивыми к полеганию и менее урожайными по зерну [11]. Поэтому поиск новых эффективных генов-восстановителей является важной селекционной задачей.

Цель исследований – оценить уровень восстановления мужской фертильности у тестовых гибридов озимой ржи и выявить генотипы, эффективно восстанавливающие мужскую фертильность в стерильной цитоплазме Р-типа.

Методы исследования

Исходным материалом для исследований послужили две группы материалов: двухлинейные синтетики Rf и перспективные инбредные линии озимой ржи глубокого инцухта. В таблице 1 показаны исходные родительские формы, на базе которых были созданы изучаемые синтетики. Первоначально было отобрано 5 сортообразцов (Валдай, Популяции 56, ГК-1205, Популяция 11/92, S. iranicum,), которые по предварительным оценкам могли быть носителями генов Rf. На первом этапе провели тестовые скрещивания этих предполагаемых Rf-источников с ЦМС-тестером, в качестве которого использовали материнскую форму гибрида НПВ-3. На втором этапе в потомстве тесткроссов провели поиск растений с восстановленной фертильностью и подвергли их 2-3-кратному самоопылению. В итоге на базе этих частично инбредных линий сформировали 16 двухлинейных синтетиков, представляющих интерес для поиска эффективных генов-восстановителей.

Вторую часть наших материалов составили 15 перспективных гомозиготных линий, ранее прошедших предварительную оценку на общую и специфическую комбинационную способность в топкроссных и диаллельных скрещиваниях. Для эффективного использования их в гибридной селекции очень важно знать их восстановительную и закрепительную способность в цитоплазме Р-типа.

Таблица 1

Исходные родительские формы и этапы работ при создании 16 синтетиков Rf

№ п/п	Первый этап	Второй этап	Синтезированные синтетики Rf
	Тестовые скрещивания: CMS-t x Rf-источник	Скрещивание линий S_2- S_3, полученных на базе восстановленных растений	
1	CMS-t x Популяция 56	НВ-12-15 x НВ-12-11	С-8082/12
2	CMS-t x Популяция 56	НВ-12-19 x НВ-12-10	С-8084/12
3	CMS-t x Валдай	НВ-14-7-4 x НВ-14-7-13	С-8088/12
4	CMS-t x Валдай	НВ-14-7-22 x НВ-14-7-23	С-8090/12
5	CMS-t x Валдай	НВ-14-7-32 x НВ-14-7-28	С-8091/12
6	CMS-t x Валдай	НВ-14-7-17 x НВ-14-7-30	С-8092/12
7	CMS-t x S.iranicum	НВ-15-16-3 x НВ-15-16-7	С-8093/12
8	CMS-t x S.iranicum	НВ-15-16-9 x НВ-15-16-12	С-8094/12
9	CMS-t x S.iranicum	НВ-15-16-20 x НВ-15-16-21	С-8095/12
10	CMS-t x S.iranicum	НВ-15-16-31 x НВ-15-16-27	С-8096/12
11	CMS-t x ГК-1205	НВ-16-9-10 x НВ-16-9-3	С-8087/12
12	CMS-t x Популяция 11/92	НВ-17-3 x НВ-17-1	С-8097/12
13	CMS-t x Популяция 11/92	НВ-17-5 x НВ-17-4	С-8098/12
14	CMS-t x Популяция 11/92	НВ-17-9 x НВ-17-6	С-8099/12
15	CMS-t x Популяция 11/92	НВ-17-12 x НВ-17-10	С-8100/12
16	CMS-t x Популяция 11/92	НВ-17-13 x НВ-17-20	С-8101/12

Тестовые скрещивания вышеуказанных 16 синтетиков и 15 инбредных линий провели в 2016 г. по схеме cms x mf. В качестве ЦМС-тестера использовали стерильный аналог линии Н-1185. Технология их проведения состояла в помещении под пергаментный изолятор по 3-4 колоса от стерильного и фертильного растений. Одновременно на отцовском растении каждой пары 2-3 колоса самоопыляли, чтобы сохранить генотип последнего. Гибридные семена от каждой пары высевали в поле для оценки на степень стерильности пыльцы, а семена от самоопыления резервировали. Посев проводили сеялкой Plotseed на 2-х рядковых делянках длиной 1 м, на каждую делянку высевали по 100 зерен. На каждой делянке отбирали 10 хорошо раскустившихся растений и на каждом из них 2 колоса помещали под целлофановый изолятор. Благодаря этому во время цветения пыльники и пыльца не теряются, а остаются внутри изолятора, их можно хорошо рассмотреть и оценить генотип по количеству образуемой пыльцы и степени дегенерации пыльников.

В 2017 г. по изложенной выше методике были проведены тестовые скрещивания 6 других мужски фертильных инбредных линий с тем же ЦМС – тестером Н-1185. Изучали фертильные аналоги линий: Н-451, Н-577, Н-649, Н-663, Н-732, Н-1185. Парные скрещивания стерильных и фертильных растений проводили зимой в условиях теплицы с одновременным самоопылением 2-3 колосьев на фертильных растениях. Всего было получено 260 пар, в среднем по 40-45 пар на каждую линию. Оценку восстановительной способности проводили в полевых условиях в 2018 году, просматривая цветущие колосья тестовых гибридов под целлофановым изолятором.

Оценку мужской стерильности проводили путем визуального осмотра пыльников и оценки степени их стерильности по методике H. Geiger und K. Morgenstern [12]. Интервал по степени стерильности растений включал три класса: стерильные (ms), полустерильные(pms) и фертильные (mf), а по степени стерильности пыльников варьировал от 1 до 9 баллов: балл 1 – пыльники сильно дегенерированные, тонкие, короткие, не растрескиваются, пыльца отсутствует; балл 9 - пыльники крупные, длинные, толстые, содержат много пыльцы, сильно пылят и почти не отличаются от растений с нормальной цитоплазмой. Индекс восстановления фертильности рассчитывали по формуле, предложенной H.H. Geiger et al. [13]:

RI =100 (AxB-3) / 6,

где AxB – средневзвешенный балл стерильности пыльников по 9-балльной шкале.

Лучшим восстановителем фертильности считался тот генотип, тесткроссы которого с ЦМС-тестером не содержали в себе стерильных и полустерильных растений, а полностью состояли из фертильных растений, у которых пыльники оценивались баллами 7, 8 и 9, т.е. имели индекс RI = 67% и выше.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки восстановительной способности тесткроссов, полученных с участием 16 синтетиков Rf и 15 инбредных линий представлены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка восстановительной способности у 16 синтетиков Rf и 15 инбредных линий озимой ржи (RI, %), 2017 г.

Синтетики Rf		Инбредные линии	
С-8082/12 = 88,4*	С-8095/12 = 44,5	Н-649 = 30,0	Н-1099 = 47,7
С-8084/12 = 77,7*	С-8096/12 = 78,9*	Н-700 = 52,6	Н-1185 = 8,4 **
С-8087/12 = 71,1*	С-8097/12 = 78,3*	Н-842 = 9,9**	Н-1190 = 77,2*
С-8088/12 = 58,9	С-8098/12 = 79,4*	Н-1011 = 26,6	Н-1238 = 60,0
С-8090/12 = 90,0*	С-8099/12 = 51,1	Н-1054 = 52,0	Н-1247 = 8,9**
С-8091/12 = 12,2	С-8100/12 = 65,0	Н-1058 = 44,4	Н-1423 = 55,6
С-8092/12 = 17,2	С-8101/12 = 52,1	Н-1071 = 45,2	Н-1432 =86,1*
С-8093/12 = 53,9	Среднее: 60,6	Н-1074 = 61,7	Среднее: 43,1
С-8094/12 = 51,0	Cv= 37,1%		Cv= 54,8%
* – восстановитель фертильности		** – закрепитель стерильности	

Обращает на себя внимание большая вариация тесткроссов по степени стерильности пыльников. У тесткроссов с участием синтетиков Rf среднее значение индекса RI составило 60,6%, а коэффициент вариации Cv – 37,1%. Для тесткроссов с участием инбредных линий эти величины составили соответственно 43,1% и 54,8%. Неоднозначность этих данных можно объяснить существенным влиянием генотипа восстановителя. В целом инбредные линии обладали более низкой способностью восстанавливать фертильность, чем изучаемые синтетики Rf, но тесткроссы с их участием сильнее варьировали по индексу RI, что и следовало ожидать.

В наших опытах почти полную восстановительную способность в стерильной цитоплазме Р-типа показали 7 синтетиков из 16. Особого внимания заслуживают синтетики С-8090/12 (RI=90,0%) и С-8082/12 (RI=88,4%), которые получили донорские гены Rf соответственно от сорта Валдай и Популяции 56. У остальных синтетиков уровень восстановления был ниже и варьировал от 12,2 до 65,0%. Важно отметить, что у всех исходных образцов, взятых нами априорно как вероятные носители генов Rf, это предположение подтвердилось. Среди изучаемых инбредных линий почти полными восстановителями фертильности оказались 2 линии из 15, что составляет 13,3%. Таковыми оказались линии Н-1432 (RI=86,1%) и Н-1190 (RI=77,2%). Этот уровень восстановительной способности можно оценить как удовлетворительный, что позволяет использовать эти генотипы для синтеза синтетиков-восстановителей. Остальные линии лишь частично восстанавливали мужскую фертильность растений тестовых гибридов. Наиболее низкой восстановительной способностью обладали линии Н-1185 (RI=8,4%), Н-1247 (RI=8,9%) и Н-842 (RI=9,9%). Эти линии оказались почти полными закрепителями стерильности, а содержащиеся в них гены Rf трудно восстанавливают фертильность в цитоплазме Р-типа. Благодаря этому свойству они могут быть использованы как эффективные CMS-тестеры при оценке на высокое восстановление. В целом же изучаемые линии по величине восстановительного индекса можно разделить на три группы: слабые, средние и сильные восстановители. Вероятно, такая градация обусловлена тем, что тестируемые линии имеют различное число и частоту генов, ответственных за восстановление фертильности.

Результаты оценки восстановительной способности тесткроссов, полученных на базе 6 перспективных инбредных линий, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Индекс восстановления (RI, %) у тесткроссов, полученных с участием 6 инбредных линий озимой ржи (2018 г.)

Линии	Число учетных растений	Значение индекса RI			Число пар с индексом RI>67%	
		минимальное	максимальное	среднее	шт.	%
Н-451	95	0	16,5	1,6	0	0
Н-577	177	0	58,4	12,8	1	2,5
Н-649	221	0	83,3	32,9	10	21,7
Н-663	159	0	93,3	48,2	18	50,0
Н-732	178	0	11,1	0,9	0	0
Н-1185	379	0	13,3	1,2	0	0

Как видно, наиболее сильно индекс RI варьировал у тесткроссов с участием двух линий: Н-663 (от 0 до 93,3%) и Н-649 (от 0 до 83,3%). Это значит, что генотипы этих линий содержат гены, способные восстанавливать фертильность пыльников от 0 до 7-8-9 баллов. Частота генотипов с такой восстановительной способностью у линии Н-663 составила 52,8%, а у линии Н-649 – 28,1%. Из этого следует, что указанные линии являются частичными восстановителями и могут быть использованы как доноры эффективных генов-восстановителей фертильности. Используя резервные семена от самоопыления, можно увеличить полноту восстановления фертильности у этих линий до уровня 100%, одновременно улучшив стабильность восстановления в разные по погодным условиям годы. Выявление таких линий важно также с точки зрения необходимости накопления в отцовском генопуле создаваемых гибридов новых сильных генов-восстановителей различного происхождения. Считается, что включение новых генов-восстановителей обеспечит селекционный прорыв в улучшении фертильности гибридов ржи, создаваемых на основе ЦМС Р-типа [14].

Заслуживают внимания также линии с очень низким индексом RI. В наших опытах таковыми оказались линии Н-451, Н-732 и Н-1185, которые показали почти полное закрепление стерильности (средний индекс RI у них варьировал от 0,9 до 1,6%). Они представляют интерес для использования в качестве родительских форм будущих ЦМС простых гибридов.

Заключение

Мужская стерильность в мутантной цитоплазме Р-типа относительно легко закрепляется и сохраняется, но ее трудно перевести в фертильное состояние. У изученных нами тесткроссов индекс восстановления фертильности варьировал в широких пределах – от 0 до 93,3%. Главной причиной этой вариации явился генотип фертильных родителей. По способности к восстановлению их можно разделить на три группы: слабые, средние и сильные. Большинство изученных нами синтетиков и инбредных линий оказались частичными (т.е. слабыми и средними) восстановителями. Почти полное (сильное) восстановление пыльцевой фертильности (RI≥67%) показали только 7 синтетиков из 16 и 2 инбредные линии из 21. Они представляют селекционный интерес для улучшения пыльцевых родителей коммерческих гибридов. Однако для этого необходимо изучить их способность к универсальному восстановлению фертильности в более широком наборе ЦМС-тестеров, несущих цитоплазму Р-типа. Большой научный интерес представляет также оптимизация синтетиков-восстановителей на генетическом уровне, т.е. выяснить вопрос о том, достаточно ли одного главного гена Rf для полного восстановления фертильности или же лучше объединить все другие гены-восстановители в один пирамидальный пул. Эти и другие вопросы требуют дальнейшего изучения.

Литература

1. Geiger H.H., Schnell F.W. Cytoplasmatic male sterility in rye (Secale cereale L.) // Crop Sci. 1970, 10, 590-593.
2. Schlegel R. Selection of hybrid forms as incentive of development of molecular and genetic researches in rye // Vavilovsky journal of genetics and selection. – 2015, 19, No. 5, 589-603.
3. Urban E. P., Gordey S. I. Selection and problems of cultivation of heterosis hybrids $_{F1}$ of winter rye in Republic of Belarus / News national academician science of Belarus. – 2018. 56, No. 4, 448-455.
4. Becker H. Pflanzenzuchtung. 2. Auflage, Ulmer UTB, Stuttgart, – 2010, 368.
5. Geiger H.H. Cytoplasmatisch-genische Pollensterilitat in Roggenformen iranischer Herkunft // Naturwissenschaften, – 1971, 58, 98-99.
6. Madej L..Osinski R, Jagodzinski J. Ocena plodnosci mieszancow zyta // Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatysacji Roslin, – 1995, 195/196, 283-290.
7. Geiger H.H. Wiederherstellung der Pollenfertilitat in cytoplasmisch mannlich sterilem Roggen // Theor. and Appl.Genet., 1972, 42, 32-33.
8. Kolasinska I., Maluszynska E. Factors influencing the ergot infection of male sterile rye//. Phytopatol. Pol. 2004. 31, 15-24.
9. Kolasinska I. Identifikacja genonipow przwracajacychplodnosc mieszancow z cytoplazma Pampa wsrod linii wsobnych zyta o roznym pochodzeniu // Biuletyn Instytutu Hodowli I Aklimatyzacji Roslin. 2011, NR 260/261, 241-249.
10. Miedaner T., Glass C., Dreyer F., Wilde P., Wortman H., GeigerH.H. // Mapping of genes for male-fertility restoration in «Pampa» CMS winter rye (Secale cereal L.) // Theor.Appl.Genet., – 2000, Vol.101, 8, 1226-1233.
11. Miedaner T., Wilde P., Wortmann H. Combining ability of non-adapted sourses for male-sterility restoration in Pampa CMS of hybrid rye // Plant Breeding, – 2005, 124, 1, 39-43.
12. Geiger H.H., Morgenstern K. Angewandt-genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilitat bei Winterroggen // Theor.Appl.Genet., – 1975, 46, 269-276.
13. Geiger H.H., Yuan Y., Miedaner T., Wilde P. Environmental sensitivity of cytoplasmic genic male sterility (CMS) in *Secale cereale L.* // In: Genetic Mechanisms for Hybrid Breeding. Adv. Plant. Breed., – 1995, 18, 7-11.
14. Kolasinska Irena. Postep w hodowli komponentow ojcowskich odmian mieszancowych zyta o wysokiej zdolnosci przywracania meskiej plodnosci w cytoplazmie Pampa // Biuletyn Instytutu Hodowli I Aklimatyzacji Roslin. – 2017, NR 281, 37-46.

THE BREEDING OF RESTORATORS MALE FERTILITY FOR RECEIVING HYBRIDS F_1 OF WINTER RYE

A.A. Goncharenko, A.V. Makarov, S.A. Ermakov, T.V. Semenova, V.N. Tochilin, N.V. Tsygankova, O. A. Krakhmaleva

FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

E-mail: goncharenko05@mail.ru

Abstract: *In the breeding of winter rye on the basis of CMS sterile cytoplasm of P-type which distinctive feature is low frequency of restorators of fertility is widely used. It creates certain difficulties in the breeding of hybrid rye. Detection of new effective restorators of male fertility in sterile cytoplasm of P-type was the purpose of the conducted researches. Evaluated an index of restoration of fertility (RI) at the test cross connects received from crossing of 16 two-line synthetics and 21 inbred lines with the line N-1185 taken as tester CMS. At test cross connects with an involvement of inbred lines the RI index varied from 8,4 to 86,1%, and at test cross connects with an involvement of synthetics – from 12,2 to 90,0%.* It is set that *the majority of the studied synthetics and inbred lines only partially recovered male fertility in test crossings. Almost complete restoration of pollen fertility (at the level of % RI≥67) was shown only by 7 synthetic from 16 and 2 inbred lines from 21. The special attention is deserved C-8090/12 synthetics (RI=90,0%) and C-8082/12 (RI=88,4%), and also by the N-663 and N-649 lines which appeared the partial restorators of fertility. They are of interest to breeding of pollen parents of commercial hybrids. Dedicated lines of N-451, N-732 and N-1185 which showed almost complete fixing of sterility (RI =0,9 … 1,6%). The prospects their use in breeding of hybrid winter rye are discussed.*

Keywords: hybrid rye, synthetic, inbred line, cytoplasmatic male sterility, fertility restoration, sterility fixer, restoration index.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11108
УДК 575.827.5

ПОЛУЧЕНИЕ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ГОРОХА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАРКЕРНОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО БЕЛКА

С.В. БОБКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
Т.Н. СЕЛИХОВА, кандидат биологических наук
ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
E-mail: svbobkov@gmail.com

У образцов Pisum fulvum Sibth. et Sm. (к-2523 и к-6070), полученных из мировой коллекции ВИР, идентифицированы уникальные компоненты конвицилина, которые предложено использовать в качестве биохимических маркеров для быстрого создания селекционных линий гороха с высоким качеством белка, подходящего для глубокой переработки и получения инновационных продуктов пищевой промышленности. В качестве культурного компонента скрещивания использовали сорт Стабил, интрогрессивные линии BC_2F_5 Стабил × и-609881 и л-83-1, селекционные линии ПАП 485/4 и ЛУ 153-06. В 2017 и 2018 годах проведено 49 межвидовых скрещиваний. Межвидовые гибриды гороха получены в комбинациях скрещиваниях ПАП 485/4 × к-6070, Стабил × к-2523, к-2523 × л-83-1. Растение гибрида F_1 ПАП 485/4 × к-6070 выращивали в тепличном боксе и получили 13 семян гибридов второго поколения. После удаления оболочек гибридные семена F_2 ПАП 485/4 × к-6070 разделяли на две семядоли для маркерной селекции по уникальным компонентам конвицилина. Одну семядолю оставляли для проведения SDS-PAGE электрофореза, а другую с почкой проращивали на смоченной дистиллированной водой фильтровальной бумаге в чашке Петри. Проростки помещали в полипропиленовые сосуды с почвой. Отбор полученных из второй семядоли гибридных растений с интрогрессивными изоформами конвицилина проводили на основании данных электрофоретического анализа белков первой семядоли.

Ключевые слова: горох посевной (*Pisum sativum*), горох красно-желтый (*P. fulvum),* межвидовая гибридизация, изоформа конвицилина, маркерная селекция.

Горох *Pisum sativum* L. является важной сельскохозяйственной культурой. В России в 2017 г. горох выращивали на площади 1,3 млн. га со средней урожайностью зерна 2,5 т/га и произвели 3,3 млн. тонн зерна (FAOSTAT, 2019) [1].

Семена гороха содержат крахмал, белок, клетчатку, сахара, жир, минералы, полифенольные соединения, сапонины, α-галактозиды и фитиновую кислоту, другие вещества. Белок гороха в сравнении с белком сои лучше усваивается в желудочно-кишечном тракте [2]. Продуктами гидролиза белков гороха являются короткие полипептиды, обладающие антигепертензивным действием [3]. Современные сорта гороха характеризуются относительно низким (23-25%) содержанием белка в семенах, хотя у отдельных диких образцов содержание белка в семенах превышает 30% [4].

Следует обратить внимание на особенность аминокислотного состава белка гороха, в нем очень много лизина, а триптофан и серосодержащие аминокислоты (метионин и цистеин) представлены в ограниченном количестве (менее 3% от содержания всех аминокислот) [5]. Легумин, в сравнении с другими запасными белками (вицилином и конвицилином) является в наибольшей степени серосодержащим белком. Подсчитано, что на 60 кДа массы молекулы легумина приходится по одним данным [6] два остатка метионина и три цистеина, а по другим [7] семь и четыре соответственно. Другой важный запасной белок вицилин содержит очень мало метионина и совсем не содержит цистеина [7].

Питательные качества семян зернобобовых культур определяются свойствами белковых фракций [8]. Из литературных источников известно, что соотношение легумина и вицилина в белковом комплексе гороха в зависимости от генотипа составляет 0,2-1,5 [9].

Увеличение соотношения легумина к вицилину можно использовать в селекции гороха на повышенное содержание серосодержащих аминокислот.

Физико-химические и технологические свойства запасных белков гороха определяются составом образующих их молекул. Легумин и вицилин в качестве отдельных компонентов или в смеси формируют хороший белковый гель, а конвицилин препятствует образованию гелей из белковых изолятов [9, 10]. Учитывая, что в настоящее время не известны мутанты гороха без содержания конвицилина [11], изучение влияния интрогрессивных изоформ этого белка на качество белковых изолятов является актуальным направлением исследований [12]. Вовлечение в селекционный процесс новых аллелей конвицилина, полученных от диких сородичей гороха, позволит повысить генетическое разнообразие исходного материала для селекции новых сортов гороха с высококачественным белком, пригодным для использования в пищевой промышленности [13].

Критическое значение для интрогрессивной селекции гороха имеет оценка особенностей передачи аллелей от дикого родителя к межвидовым гибридам. Длительная раздельная эволюция дикого и культурного гороха, низкая результативность скрещиваний при межвидовой гибридизации, перенос вместе с ценными аллелями нежелательного генетического материала, создают препятствия широкому вовлечению диких сородичей гороха в селекционный процесс [14].

Цель исследования состояла в изучении особенностей межвидовой гибридизации культурного гороха с образцами-донорами уникальных аллелей, кодирующих «дикие» изоформы конвицилина, для использования в селекции на высокое качество изолированного белка.

Материалы и методы

Межвидовая реципрокная гибридизация культурного гороха с образцами дикого вида *P. fulvum* к-2523 и к-6070 из коллекции ВИР проведена в условиях тепличного бокса. В качестве культурного гороха использовали сорт Стабил, интрогрессивные линии BC_2F_5 Стабил × и-609881 и л-83-1, селекционные линии ПАП 485/4 [15] и ЛУ 153-06.

Для выделения и разделения белков семян гороха использовали стандартный метод электрофореза SDS-PAGE. Электрофорез проводили с использованием камеры для вертикального электрофореза VE-4 (Хеликон, Россия). Содержание полиакриламида в разделяющем геле составляло 12,5%, а концентрирующем – 5%. Позиции компонентов белков гороха определяли по реперным компонентам спектра сои сорта Ланцетная. Интенсивность окрашивания компонентов выражали в баллах и характеризовали как: 1 – слабую, 2 – интенсивную и 3 – очень интенсивную и выставляли в тексте в круглых скобках. Локализацию конвицилина определяли по компонентам с молекулярной массой 70 кДа [10]. Компоненты идентифицировали с использованием набора маркеров с молекулярной массой 6,5-200 кДа (SIGMA-ALDRICH, США).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием дисперсионного анализа. Парные сравнения средних проводили с использованием критерия Тьюки (α=0,05).

Результаты и обсуждение

Глобулины легумин, вицилин и конвицилин являются основными запасными белками у гороха. Известно, что конвицилин и вицилин характеризуются обширной гомологией, начиная от 122 или 166 аминокислотного остатка (в зависимости от изоформы) до С-конца белковой молекулы [10]. Конвицилин отличается от вицилина N-концом, который в отличие от вицилина и остальной части молекулы конвицилина имеет сильный положительный заряд. Физико-химические свойства глобулинов определяются химическим составом образующих их молекул. Легумин и вицилин в качестве отдельных компонентов или в смеси формируют хороший белковый гель, а конвицилин в силу сильно заряженного N-конца молекулы мешает образованию гелей из белковых изолятов [9]. Отсюда сделан вывод, что горох с различным соотношением легумина и вицилина, но не содержащий конвицилина является идеальным сырьём для пищевой промышленности [10]. Учитывая, что до настоящего времени не найдены мутанты гороха, не содержащие конвицилин [11],

существует вероятность того, что интрогрессивные изоформы конвицилина, особенно с меньшей молекулярной массой, будут отличаться от «культурных» изоформ составом аминокислотных остатков N-конца молекулы, оказывая положительное влияние на физико-химические свойства белковых изолятов.

Ранее проведенное электрофоретическое разделение белков семян позволило выявить уникальные «легкие» изоформы конвицилина у диких образцов *P. fulvum* к-2523 и к-6070 [13], полученных из коллекции ВИР. Использование уникальных компонентов конвицилина в качестве биохимических маркеров приведет к созданию интрогрессивных линий гороха, а изучение влияния «диких» изоформ конвицилина на физико-химические свойства белковых изолятов позволит оценить перспективу использования нетрадиционных аллелей конвицилина в селекционном процессе.

Межвидовая гибридизация культурного гороха с образцами P. fulvum к-2523 и к-6070

Межвидовую гибридизацию гороха проводили в условиях тепличного бокса в 2017 и 2018 годах. В 2017 году скрещивания растений проводили в июле и августе в комбинациях к-6070 × ($ВС_2F_5$ Стабил × и-609881), к-6070 × ЛУ 153-06, к-6070 × ПАП 485/4, ЛУ 153-06 × к-2523, ПАП 485/4 × к-6070 (табл. 1). Всего провели 16 скрещиваний и получили 6 мелких бобов (5-10 мм). Крупный боб с одним семенем был получен в комбинации ПАП 485/4 × к-6070. В комбинациях, где растения дикого вида использовались в качестве материнского компонента скрещивания, гибридные семена не были получены, что соответствует ранее опубликованным данным [11]. В комбинации к-6070 × ПАП 485/4 наблюдали развитие бессемянного боба до нормального размера.

Таблица 1

Межвидовая гибридизация гороха, 26.07.1917-3.08.2017

Комбинация	Число скрещиваний, шт	Число мелких бобов, шт	Число крупных пустых бобов, шт	Число бобов с семенами, шт
к-6070 × ($ВС_2F_5$ Стабил × и-609881)	1	0	0	0
к-6070 × ЛУ 153-06	8	3	0	0
к-6070 × ПАП 485/4	5	2	1	0
ЛУ 153-06 × к-2523	1	0	0	0
ПАП 485/4 × к-6070	1	1	0	1
ВСЕГО	16	6	1	1

В 2018 году скрещивания растений проводили в августе и сентябре в комбинациях к-6070 × Стабил, к-2523 × Стабил, к-2523 × л-83-1, Стабил × к-6070, Стабил × к-2523 (табл. 2).

Таблица 2

Межвидовая гибридизация гороха, 6.08.1918-3.09.2018

Комбинация	Число скрещиваний, шт	Число мелких бобов, шт	Среднее число бобов на одно скрещивание, шт	Число зерен в бобе, шт	Крупные бобы без семян, шт
к-6070 × Стабил	14	0	0 [a*]	0	0
к-2523 × Стабил	12	0	0 [a]	0	0
к-2523 × л-83-1	2	1	0,5 [ab]	1	0
Стабил ×к-6070	2	1	0,5 [ab]	0	1
Стабил ×к-2523	3	2	0,67 [b]	2	1
ВСЕГО	33	4	0,368	3	2

** - средние значения с одинаковыми буквенными символами существенно не различаются при α=0,05 (парные сравнения средних проводили с использованием критерия Тьюки)*

Всего провели 33 скрещивания и получили 6 мелких бобов. В комбинациях скрещивания к-6070 × Стабил и к-2523 × Стабил развитие бобов прекращалось через несколько дней после опыления и затем они опадали. В комбинациях к-2523 × л-83-1, Стабил × к-6070 и Стабил × к-2523 получены мелкие бобы (5-10 мм), которые рано останавливались в развитии, но могли оставаться на растениях некоторое время после опыления. Из них только 4 боба продолжали развитие до нормального состояния. Среди них 2 боба в комбинациях к-2523 × л-83-1 и Стабил × к-2523 содержали 1 и 2 семени соответственно. Два других боба в комбинациях скрещивания Стабил × к-6070 и Стабил × к-2523 вырастали до нормального размера, но не содержали семян (рис. 1).

а б

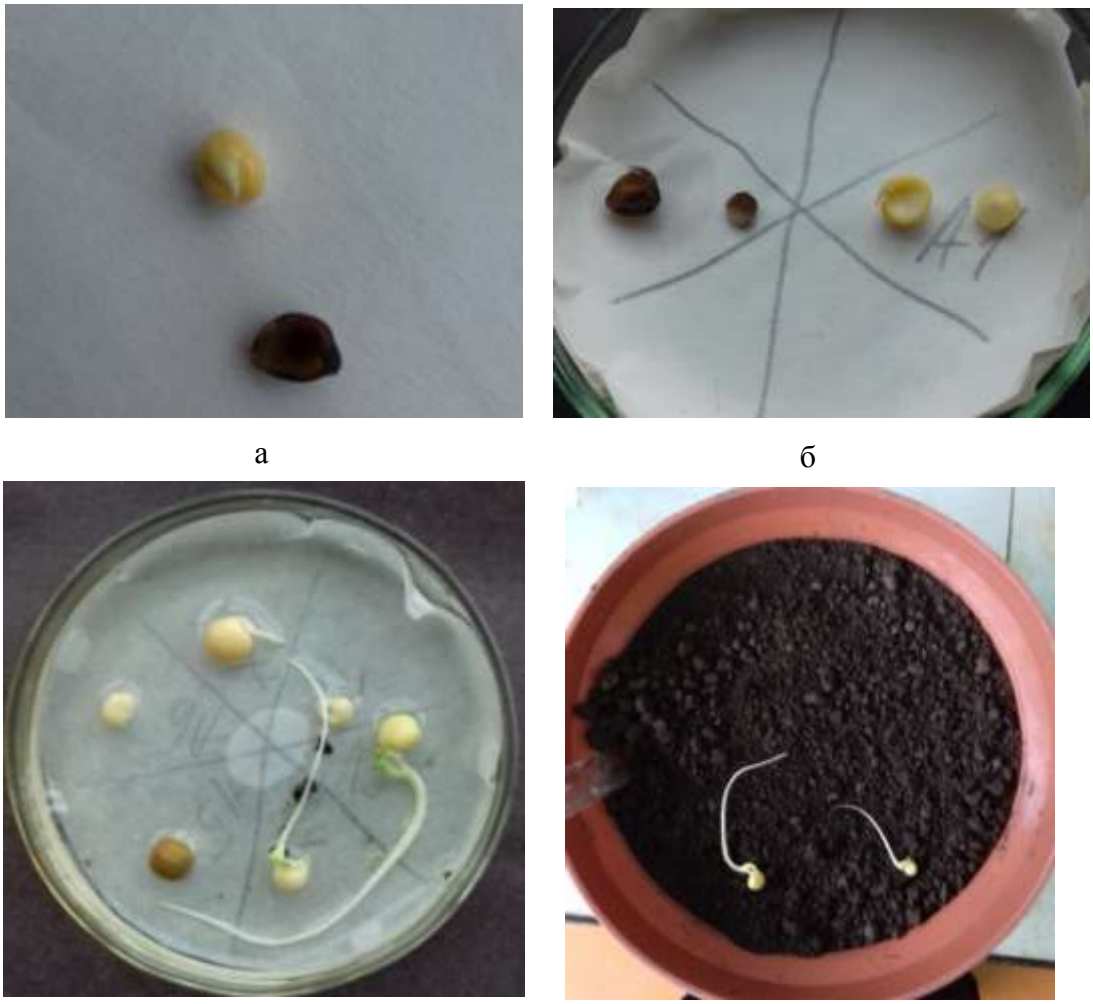
Рис. 1. Бобы межвидовых гибридов гороха, не содержащие семян: а) нормальный боб, б) боб с одним семенем (в центре) и боб без семян (справа внизу)

Гибридное растение F_1 ПАП 485/4 × к-6070 выращивали в тепличном боксе и получили 13 семян гибридов второго поколения. В результате скрещивания этого межвидового гибрида с сортом Стабил получили растение BC_1F_1 (ПАП 485/4 × к-6070) × Стабил. Растения гибридов F_1 к-2523 × л-83-1 и Стабил × к-2523 выращивали в тепличном боксе с целью получения семян гибридов второго поколения и проведения возвратных с культурным горохом.

Выделение семядолей в семенах гибридов F_2 ПАП 485/4 × к-6070 для маркерной селекции на высокое качество белка

После снятия оболочек гибридные семена F_2 ПАП 485/4 × к-6070 для маркерной селекции по уникальным компонентам конвицилина разделяли на две семядоли (рис. 2).

Одну семядолю оставляли для проведения SDS-PAGE электрофореза, а другую с почкой проращивали на фильтровальной бумаге в чашке Петри. Проросшие семядоли помещали в полипропиленовые сосуды с почвой. Растения выращивали в тепличном боксе. На основании полученных белковых спектров проводили отбор растений с наличием интрогрессивных компонентов «диких» изоформ конвицилина для использования в дальнейших скрещиваниях с культурным родителем в процессе селекции на высокое качество белка.



а б в г

Рис. 2. Выделение изолированных семядолей для электрофоретического анализа и маркерной селекции растений с уникальными изоформами конвицилина: а) семя гороха с удаленной семенной оболочкой; б) изолированные семядоли, одна семядоля предназначена для электрофоретического анализа, вторая с почкой для получения целого растения; в) прорастание маркированных семядолей в чашках Петри с фильтровальной бумагой; г) посадка проросших семядолей в почву

Электрофоретический анализ компонентов конвицилина в белках изолированной семядоли гибридов F_2 для отбора растений с интрогрессивными изоформами конвицилина

Электрофоретический анализ белков семян проводили у образца *P. fulvum* к-2523, сорта Стабил, родителей и гибридов F_2 комбинации скрещивания ПАП 485/4 × к-6070. Анализ подтвердил наличие легких изоформ конвицилина у образцов к-2523 и к-6070 в сравнении с селекционной линией ПАП 485/4 и сортом Стабил (рис. 3).

У гибридов F_2 наблюдали расщепление по компонентам конвицилина. В результате анализа удалось маркировать растения гибридов F_2 ПАП 485/4 × к-6070, содержащие генетический фактор, кодирующий интрогрессивный компонент (изоформу) конвицилина. Отобранные с использованием маркерных компонентов гибридные растения, несущие интрогрессивные изоформы конвицилина планируется использовать в дальнейших скрещиваниях с культурными растениями гороха.

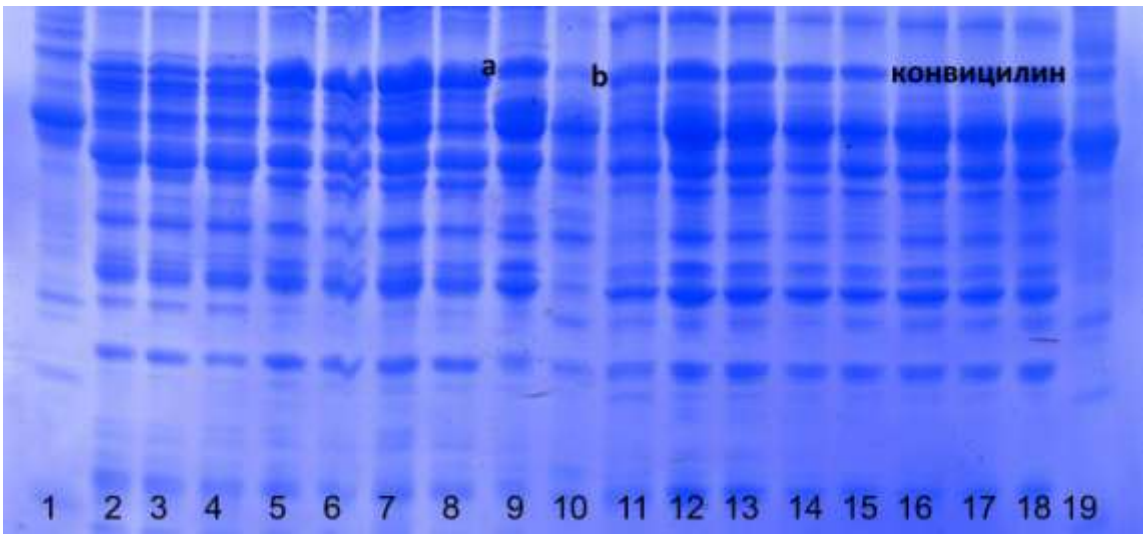


Рис. 3. Электрофоретические спектры белков семян образца P. fulvum к-2523, сорта Стабил, родителей и гибридов F_2 ПАП 485/4 × к-6070: 1, 19 – сорт сои Ланцетная, 2-4 - к-2523, 5-8 - к-6070, 9-11 - F_2 ПАП 485/4 × к-6070 (А9, В1, А11), 12-15 - ПАП 485/4, 16-18 – Стабил. Надпись «конвицилин» указывает на локализацию компонентов конвицилина, буквой «а» обозначен «культурный» компонент конвицилина, а буквой «b» - полученный в результате интрогрессии от дикого образца к-6070

Заключение

Использование диких сородичей для интрогрессии генов хозяйственно ценных признаков является перспективным направлением селекции сельскохозяйственных культур. Однако исследования в этом направлении проводятся преимущественно с генами устойчивости растений к различным стрессорам. Между тем, несомненный интерес представляет и интрогрессивная селекция на повышение качества сельскохозяйственной продукции для использования в пищевой промышленности. Выявленное нами наличие легких изоформ конвицилина у образцов дикого гороха *P. fulvum* в сравнении с селекционными линиями ПАП 485/4 и ЛУ 153-06 культурного гороха и сортом Стабил позволяют нам предложить пути маркерной селекции гороха на высокое качество белка. Полученные нами межвидовые гибриды гороха с интрогрессивными изоформами конвицилина дикого вида гороха могут оказаться интересными в селекционном отношении. Дальнейшие исследования предполагают изучение физико-химических свойств белковых изолятов гибридов.

Литература

1. Crops // FAOSTAT [Электронный ресурс]. URL: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (дата обращения: 12.06.2019).

2. Domoney C., Duc G., Ellis T.H.N., Ferrandiz C., Firnhaber C., Gallardo K., Hofer J., Kopka J., Kuster H., Madueno F., Munier-Jolain N.G, Mayer K., Thompson R., Udvardi M., Salon C. Genetic and genomic analysis of legume flowers and seeds // Current Opinion in Plant Biology. - 2006. - V. 9. - P. 133-141.

3. Roy F., Boye J., Simpson B. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: pea, chickpea and lentil // Food Research International. – 2010. – V. 43 (2). – P. 432-442.

4. Бобков С.В., Уварова О.В. Перспектива использования гороха для производства изолятов запасных белков // Земледелие. - 2012. - № 8. - С. 47-48.

5. Signor C.L, Aime D., Bordat A., Belgazi M., Labas V., Couzy O., Young T.B., Prosperi J.-M., Leprince O., Tompson R.D., Buitink J., Burstin J., Gallardo K. Genome-wide association studies with proteomics data reveal genes important for synthesis, transport and packaging of globulins in legume seeds // New Phytologist. - 2017. - V. 214. - P. 1597-1613.

6. Casey R., Short M.N. Variation in the amino acid composition of legumin from *Pisum* // Phytochemistry. – 1981. – V. 20. – P. 21-23.

7. Croy R.R.D., Gatehouse J.A., Tyler M., Boulter D. The purification and characterisation of a third storage protein (convicilin) from the seeds of pea (*Pisum sativum* L.) // Biochem. J. – 1980. – V. 191. – P. 509-516.

8. Duranti M., Gius C. Legume seed protein content and nutritional value // Field Crop Research. – 1997. – V. 53. – P. 53. – P. 31-45.
9. O'Kane F.E., Happe R.P., Vereijken J. M., Gruppen H., Van Boekel M.A.J.S. Characterization of pea vicilin. 2. Consequences of compositional heterogeneity on heat-induced gelation behavior // J. Agric. Food Chem. – 2004. – V. 52. – P. 3149-3154.
10. Tzitzikas E.N., Vincken J.P., Groot J., Gruppen H., Visser R.G. Genetic variation in pea seed composition // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2006. - № 54. - P. 425-433.
11. Бобков С.В., Селихова Т.Н. Получение межвидовых гибридов для интрогрессивной селекции гороха // Экологическая генетика. - 2015. - Т. XIII. - № 3. - 2015. - С. 40-49. (Bobkov S.V., Selikhova T.N. Obtaining interspecific hybrids for introgressive pea breeding // Russian Journal of Genetics: Applied Research. - 2017. - Vol. 7. - № 2. - P. 145-152.)
12. Бобков С.В., Селихова Т.Н., Бычков И.А. Хозяйственноценные признаки образцов дикого вида гороха *Pisum fulvum* // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2016. - № 4 (20). - С. 41-46.
13. Селихова Т.Н., Бобков С.В. Полиморфизм запасных белков у образцов диких таксонов гороха // Доклады РАСХН. - 2013. - № 5. - С. 20-22.
14. Бобков С.В., Лазарева Т.Н. Компонентный состав электрофоретических спектров запасных белков межвидовых гибридов гороха // Генетика. - 2012. - Т. 48. - № 1. - С. 56-61. (Bobkov S.V., Lazareva T.N. Band composition of electrophoretic spectra of storage proteins in interspecific pea hybrids // Russian Journal of Genetics. - 2012. - V. 48. - № 1. - P. 47-52.)
15. Зеленов А.Н., Зеленов А.Н., Щетинин В.Ю., Кондыков И.В., Уваров В.Н., Задорин А.М., Борзенкова Г.А., Азарова Е.Ф., Наумкина Т.С., Бобков С.В., Уварова О.В. Горох (*Pisum sativum* L.). Формы с измененной архитектоникой листа // Паспорта доноров и источники селекционно ценных признаков сельскохозяйственных культур. Выпуск 9. - Орел. - 2011. – 25 с.

Работа выполнена по пункту программы ФНИ государственных академий № 0636-2019-0008 «Мобилизация генетических ресурсов зернобобовых и крупяных культур для использования в селекционном процессе».

Благодарность. Авторы выражают искреннюю благодарность за любезно предоставленные образцы семян для проведения эксперимента А.Н. Зеленову - селекционная линия ПАП 485/4, В.Н. Уварову - селекционная линия ЛУ 153-06 (ФНЦ ЗБК) и Е.В. Семёновой - образцы *P. fulvum* к-2523 и к-6070 (ВИГРР им. Н.И. Вавилова).

OBTAINING PEA INTERSPECIFIC HYBRIDS FOR USE IN MARKER ASSISTANT SELECTION ON HIGH PROTEIN QUALITY

S.V. Bobkov, T.N. Selikhova
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *Unique bands of convicilin identified in P. fulvum accessions k-2523 and k-6070 (N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources) would be used as biochemical markers for fast producing of breeding lines with high quality of isolated protein suitable for obtaining innovative food products. Pea variety Stabil, introgressive lines BC_2F_5 Stabil × i-609881 and l-83-1, breeding lines PAP 485/4 and LU 153-06 were used as cultural components in interspecific crosses. Interspecific hybridization was conducted in 2017 and 2018; the total number of crosses was 49. Pea interspecific hybrids F_1 were obtained in crosses PAP 485/4 × k-6070, Stabil × k-2523 and k-2523 × l-83-1. Hybrid plant F_1 PAP 485/4 × k-6070 was grown in greenhouse and 13 hybrid seeds F_2 were obtained. After dehulling hybrid seeds F_2 PAP 485/4 × k-6070 were splitted into two cotyledons for marker breeding with using unique electrophoretic bands of convicilin. One cotyledon was used for SDS-PAGE electrophoresis. The second cotyledon with intact bud after sprouting was placed in polypropylene vessel with soil for plant growth. Selection of hybrid plants with introgressive isoforms of convicilin was conducted according the data obtained from SDS-PAGE electrophoresis of the first cotyledon.*

Keywords: pea, *Pisum sativum*, *Pisum fulvum*, interspecific hybridization, isoform of convicilin, marker assistant breeding.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11109
УДК 635.656:581.143.5

СКРИНИНИГ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОТИПОВ ГОРОХА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ОСМОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ В СЕЛЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ *IN VITRO*

Г.В. СОБОЛЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук
А.Н. СОБОЛЕВ*, кандидат биологических наук
ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
*ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»
E-mail: alniksobolev@rambler.ru

Представлены результаты сравнительной оценки генотипов гороха листочкового и безлисточкового (усатого) морфотипов по устойчивости к осмотическому стрессу in vitro на клеточном уровне. Тестовыми показателями осмоустойчивости служили интенсивность роста каллусной массы на селективных средах с 20% ПЭГ и способность к регенерации побегов. Не выявлено значительных отличий по осмоустойчивости между различными морфотипами. Устойчивые к осмотическому стрессу генотипы были получены как среди листочковых (Л-135-03), так и среди усатых (Л-03-109) морфотипов. Тем не менее, в среднем по группе листочковые генотипы отличались несколько большей устойчивостью к осмотическому стрессу по сравнению с безлисточковыми генотипами. По способности к формированию побегов из резистентных каллусов в среднем по группе листочковые морфотипы так же превзошли усатые. Показано, что для проведения анализа устойчивости к осмотическому стрессу, на клеточном уровне можно использовать каллусные ткани различного времени пассирования in vitro. Однако, в связи с тем, что регенерационная способность длительно пассируемых каллусов резко снижается отбор целесообразно проводить используя молодые каллусы. Выделены перспективные для селекции регенерантные линии R-07-11, R-08-18, превысившие оригинальные генотипы и стандарт по урожайности семян.

***Ключевые слова*:** горох посевной, *in vitro*, осмотический стресс, каллус, устойчивость.

В последнее время методы культуры тканей и клеток находят все более широкое применение в селекции важнейших сельскохозяйственных культур. Наиболее распространенным методом является клеточная селекция *in vitro,* позволяющая проводить тестирование генотипов по устойчивости к различным воздействиям (засуха, засоление и др.) на уровне клеточных популяций, а также вести отбор из клеточных популяций резистентных клеток и получать целые растения-регенеранты. С целью имитации *in vitro* стрессового эффекта обычно используется метод прямой селекции, при котором в питательную среду вводится определенный селективный фактор [1].

Отбор *in vitro* на устойчивость проводится, как правило, в каллусных культурах. Одним из показателей, характеризующих устойчивость генотипов к моделируемому стрессу, является скорость роста каллусных культур в селективных условиях. При этом установлено, что скорость роста и морфология каллусов на разных этапах культивирования могут претерпевать существенные изменения. Это связано с тем, что получение каллусных культур предполагает приспособление клеток к условиям существования *in vitro*, выходящим за пределы нормы реакции их генома. На первом этапе культивирования это приводит к действию дестабилизирующего отбора и усилению генетической изменчивости. Затем, в процессе длительного культивирования, под действием стабилизирующего отбора формируется клеточная популяция, которой свойственен физиологический и генетический гомеостаз [2, 3]. В результате, может изменяться и чувствительность каллусов к моделируемому *in vitro* стрессу. В опубликованной литературе по клеточной селекции отсутствуют данные о том, какие каллусы целесообразно использовать для отбора: молодые

или длительно пассируемые. При этом показано, что каждый вид растений имеет свою чувствительность к содержанию селективного фактора в питательной среде. Исходя из этого, методы клеточной селекции должны быть, разработаны для каждого конкретного вида растений.

В настоящее время особую актуальность приобретает разработка селективных систем *in vitro* для отбора засухоустойчивых вариантов гороха, ведущей зернобобовой культуры в Российской Федерации. Это обусловлено наблюдающимся глобальным потеплением и участившимися засухами в основных зонах выращивания культуры, а также низкой результативностью традиционной селекции на этот признак, обусловленной отсутствием доноров засухоустойчивости.

Современная селекция гороха ориентирована на создание безлисточковых (усатых) сортов, так как это позволяет в значительной степени решить проблему полегаемости и повысить технологичность культуры [4]. Однако, в сравнении с листочковыми морфотипами сорта гороха с усатым типом листа более подвержены стрессовым факторам среды и, в частности, к водному дефициту [5]. Поэтому, современные сорта гороха должны сочетать не только высокую продуктивность, но и устойчивость к засухе. Вследствие чего, разработка результативных клеточных систем для выделения устойчивых к осмотическому стрессу линий гороха и получение растений-регенерантов, устойчивых к засухе приобретает первостепенное значение.

Цель исследований заключалась в сравнительной оценке устойчивости к осмотическому стрессу *in vitro* листочковых и безлисточковых (усатых) морфотипов гороха на уровне каллусных культур различного времени культивирования.

Материал и методика исследований

Материалом для исследований служили 6 генотипов гороха, относящихся к различным морфотипам: Темп, Л-135-03, Л-145-03 (белоцветковый, листочковый тип), Фараон, Л-190-02, Л-03-109 (белоцветковый, усатый тип). В качестве исходного материала для проведения анализа устойчивости к осмотическому стрессу на клеточном уровне использовали каллусные ткани, различного времени пассирования *in vitro*. Оценку устойчивости генотипов гороха к дефициту влаги осуществляли на питательных средах, содержащих для имитации водного дефицита не ионный, не проникающий осмотик – 20% ПЭГ (полиэтиленликоль с молекулярной массой 6000). Контроль – питательные среды без селективного фактора. Начальная масса каллусов – 45-50 мг. Показателем устойчивости на клеточном уровне служила интенсивность роста каллусной массы. Прирост каллусов анализировали в конце одного цикла культивирования на селективных средах. Продолжительность пассажа составляла 45…50 суток. Регенерацию растений проводили на средах без селективного фактора. В качестве основы питательных сред использовали минеральные соли согласно протоколу MS [6], витамины согласно протоколу B5 [7], мезо-инозитол – 100 мг/л, глицин – 2 мг/л, сахароза – 30000 мг/л, агар – 6000 мг/л и регуляторы роста: цитокинины (БАП) и ауксины (НУК, ИМК) в различных сочетаниях. Индукцию ризогенеза у регенерантных побегов осуществляли *in vitro* на питательных средах дополненных НУК в концентрации 1,0-1,5 мг/л. Приготовление питательных сред, получение каллусов и пассирование проводили с использованием методик, разработанных ранее [8, 9]. Полевые опыты закладывали согласно методике полевого опыта [10] в севообороте лаборатории генетики и биотехнологии ФНЦ ЗБК. Посев проводили в последнюю декаду апреля в соответствии с погодными условиями. Регенерантные линии высевали сеялкой СКС-6-10. Учетная площадь делянки 15м^2. Норма высева семян 120 шт. на 1м^2. Регенерантные линии высевали в четырех повторностях, рендомизированно. Основные количественные показатели подвергали вариационно-статистической обработке [10].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что длительно пассируемые ткани более чувствительны к осмотическому стрессу (табл. 1). Прирост молодой (120-135 суток *in vitro*) ткани на селективной среде варьировал от 14,2% (Л-145-03) до 82,4% (Л-135-

03) от контроля. В длительно пассируемых тканях (1350-1400 суток) данный показатель оказался значительно ниже и был в пределах 13,5-30,9%. В наибольшей степени ингибирование роста длительно пассируемых каллусов было отмечено для тех генотипов, которые характеризовались максимальной устойчивостью на ранних этапах культивирования каллусов. Так, у линии Л-135-03, прирост молодых тканей на селективных средах составлял 82,4% от контроля, с увеличением продолжительности культивирования каллусов данный показатель резко снижался и составлял всего 30,9%. В то же время у генотипа Л-145-03 показатели устойчивости у молодых (14,2%) и длительно пассируемых (13,5%) каллусов отличались незначительно.

Выявлены генотипические различия по реакции на осмотический стресс. Наибольшая устойчивость как молодого, так и длительно культивируемого каллуса отмечена для генотипа Л-135-03, а наименьшая устойчивость отмечена для генотипа Л-145-03. Данные генотипы относятся к листочковому, белоцветковому морфотипу. Следовательно, скрининг генотипов по осмоустойчивости на клеточном уровне можно проводить, используя как молодой, так и длительно пассируемый каллус.

Таблица 1

Влияние осмотического стресса на интенсивность роста каллуса различных морфотипов гороха

Генотип	Среда	Молодой каллус		Длительно пассируемый каллус	
		$\Delta W/W_0$	В % к контролю	$\Delta W/W_0$	В % к контролю
Листочковые морфотипы					
Темп	St	1,01		1,71	
	St + 20% ПЭГ	0,40	39,75	0,43	25,15
Л-135-03	St	3,07		2,62	
	St + 20% ПЭГ	2,53	82,41	0,81	30,92
Л-145-03	St	10,20		4,22	
	St + 20% ПЭГ	1,45	14,22	0,57	13,51
Среднее по группе	*St*	*4,76*		*2,85*	
	St + 20% ПЭГ	*1,46*	*45,50*	*0,60*	*21,01*
Безлисточковые морфотипы					
Фараон	St	5,68		3,89	
	St + 20% ПЭГ	1,66	29,23	0,65	16,71
Л-190-02	St	2,10		1,88	
	St + 20% ПЭГ	0,74	35,24	0,38	20,21
Л-03-109	St	3,24		3,14	
	St + 20% ПЭГ	2,00	61,73	0,58	18,47
Среднее по группе	St	*3,67*		*2,97*	
	St + 20% ПЭГ	*1,47*	*40,05*	*0,54*	*18,07*

Примечание: W_0 – начальный вес каллуса, мг;

ΔW – прирост каллуса, мг.

$\Delta W/W_0$ – относительный прирост каллуса;

Молодой каллус – время культивирования in vitro 120-135 суток

Длительно пассируемый каллус– время культивирования in vitro 1350-1400 суток

Не выявлено значительных отличий по осмоустойчивости между разными морфотипами. Тем не менее, в среднем по группе листочковые генотипы отличались несколько большей устойчивостью к осмотическому стрессу по сравнению с безлисточковыми генотипами.

Для достижения успешных результатов при разработке селективных систем *in vitro* необходимо иметь стабильную систему регенерации. Горох считается одним из наиболее проблемных объектов культуры тканей *in vitro*.

Регенерацию растений гороха проводили на средах без селективного фактора в три этапа. Первый заключался в том, что устойчивые каллусы культивировали на средах с высоким содержанием БАП (4,5-5,0 мг/л) в сочетании с 2,0 мг/л НУК для инициации

побегообразования. На втором этапе регенерантные побеги декапитировали от каллусной ткани и доращивали на питательных средах, содержащих 0,2 мг/л ИМК и 1,0 мг/л БАП. Третий этап заключался в индукции ризогенеза у сформировавшихся побегов. Индукцию ризогенеза у полученных побегов гороха осуществляли на агаризованных питательных средах с добавлением НУК (1,0-1,5 мг/л).

В результате проведенных исследований установлено, что каллусные культуры прошедшие отбор *in vitro* на устойчивость к осмотическому стрессу, сохраняют способность к регенерации побегов (табл. 2). Регенерантные побеги были получены у всех изученных генотипов. Из резистентных каллусов возрастом 120-135 суток в общей сложности было получено 277 побегов. Максимальное число побегов было получено у сорта Темп (72 шт.), минимальное – у сорта Фараон (27 шт.). Сравнительный анализ показал, что в среднем по группе листочковые генотипы по числу побегов (61,6 шт.) превзошли усатые морфотипы (28,7 шт.).

Таблица 2

Эффективность формирования регенерантных растений из каллусов разного возраста, полученных в селективных системах *in vitro*

Генотип	Молодой каллус			Длительно пассируемый каллус		
	Число регенерант-ных побегов	Число побегов с корнями	Число фертильных растений R_0	Число регенерант-ных побегов	Число побегов с корнями	Число фертильных растений R_0
Листочковые морфотипы						
Темп	96	34	10	10	2	0
Л-135-03	55	6	2	10	3	0
Л-145-03	34	10	0	10	1	0
Среднее по группе	*61,6*	*16,7*	*4,0*	*10,0*	*2,0*	*0*
Безлисточковые морфотипы						
Фараон	27	6	1	4	1	0
Л-190-02	29	6	1	8	3	0
Л-03-109	30	5	0	5	0	0
Среднее по группе	*28,7*	*5,7*	*0,7*	*5,7*	*1,3*	*0*

В культуре длительно пассируемых каллусов (1350-1400 суток) гороха после селекции на ПЭГ было получено 47 побегов. Большая часть полученных из каллусных клонов побегов имела нормальную морфологию, однако встречались побеги с высоким уровнем витрификации. Часто образовавшиеся микропобеги так и оставались в зачаточном состоянии, не развиваясь дальше.

Установлено, что по способности к регенерации побегов из резистентных как молодых, так и длительно пассируемых каллусов и индукции ризогенеза в среднем по группе листочковые морфотипы превзошли усатые.

Регенерантные растения R_0 со сформировавшейся корневой системой высаживали в сосуды с почвой в теплице. В результате в культуре молодых каллусов было получено 14 фертильных регенерантов гороха генотипов: Темп (10 шт.), Л-135-03 (2 шт.), Фараон (1 шт.), Л-190-02 (1 шт.). После пересадки в почву получить регенерантные растения из длительно пассируемых каллусов не удалось.

Регенератные линии R_1 были размножены в сосудах с почвой в теплице, дальнейшие поколения регенерантов изучали в полевых условиях в течение ряда лет. Из всей группы регенерантов были выделены линии R-07-11, R-08-18 (исходная линия Л-135-03), характеризовавшиеся такими высокими показателями как: семенная продуктивность, водоудерживающая способность при завядании, общее содержание воды в тканях. Исходные селекционные линии и, соответственно, регенеранты относятся к белоцветковому, листочковому, среднестебельному морфотипу.

Изучение выделенных регенерантных линий было продолжено в полевом эксперименте в 2015-2017 годах по схеме конкурсного сортоиспытания. Регенерантные линии и исходные генотипы были более скороспелыми в сравнении со стандартом. Продолжительность периода от всходов до созревания у них составила в среднем за 3 года изучения 70 суток и была на 5 суток короче стандарта – сорта Фараон.

Урожайность семян белоцветкового, усатого, среднестебельного сорта Фараон в среднем составила 3,19 т/га (табл. 3). Урожайность белоцветковых, листочковых регенерантных линий была выше и составила 3,97 т/га у линии R – 08-18 и 4,07 т/га у линии R-07-11.

Таблица 3

Урожайность семян регенерантных линий гороха, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Селективный фактор	Урожайность, т/га			Среднее за 3 года	± к стандарту
		2015	2016	2017		
Фараон-St		3,24	2,77	3,56	3,19	
Л-135-03	контроль	3,48	3,49	4,56	3,84	+0,65
R-07-11	20% ПЭГ	3,69	3,70	4,82	4,07	+0,88
R-08-18	20% ПЭГ	3,69	3,54	4,67	3,97	+0,78
$НСР_{05}$		*0,37*	*0,33*	*0,38*		

Таким образом, в результате проведенных исследований показана возможность использования селективных систем *in vitro,* моделирующих водный стресс с целью скрининга генотипов по осмоустойчивости и расширения спектра исходного материала в селекции гороха.

Не выявлено значительных отличий по осмоустойчивости между разными морфотипами. Устойчивые к осмотическому стрессу генотипы были получены как среди листочковых (Л-135-03), так и среди усатых (Л-03-109) морфотипов. Тем не менее, в среднем по группе листочковые генотипы отличались несколько большей устойчивостью к осмотическому стрессу по сравнению с безлисточковыми генотипами. Показано, что для проведения анализа устойчивости к осмотическому стрессу на клеточном уровне можно использовать каллусные ткани различного времени пассирования *in vitro*. Однако, в связи с тем, что регенерационная способность длительно пассируемых каллусов резко снижается отбор целесообразно проводить, используя молодые каллусы.

Выделены перспективные для селекции регенерантные линии R-07-11, R-08-18, превысившие оригинальные генотипы и стандарт по урожайности семян.

Литература

1. Manoj K. Rai, Rajwant K. Kalia, Rohtas Singh, Manu P. Gangola, A.K. Dhawan. Developing stress tolerant plants through in vitro selection ─ An overview of the recent progress // Environmental and Experimental Botany, ─ 2011. – V.71. – P.89-98.

2. Кунах В.А. Изменчивость растительного генома в процессе дедифференцировки и каллусообразования in vitro // Физиология растений, ─ 1999. ─ Т.46. ─ № 6. ─ С. 919-929.

3. Кузнецова О.И., Аш О.А., Хартина Г.А., Гостимский С.А. Исследование растений-регенерантов гороха (Pisum sativum L.) с помощью молекулярных RAPD и ISSR-маркеров // Генетика, ─ 2005. ─ Т.41. ─ № 1. ─ С.71-77.

4. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. ─ № 1 (17). – С.6-14.

5. Новикова Н.Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, 2012. – № 1. – С.53-58.

6. Murashige N., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant., – 1962. –V.15. – No.13. – P.473-497.

7. Gamborg O.L., Constabel F., Shyluk I.P. Organogenesis in callus from shoot apical of Pisum sativum L. // Physiologia Plantarum, – 1974. – V.30. – P.125-128.

8. Соболева Г.В. Регенерация растений гороха (Pisum sativum L.) в культуре каллусной ткани // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. – № 3 (19). – С.27-35.
9. Соболева Г.В., Суворова Г.Н., Кондыков И.В., Зотиков В.И. Метод клеточной селекции гороха на устойчивость к абиотическим факторам среды (методические рекомендации). – М., 2011. – 25 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – М.: Колос, – 1985. – 351 с.

SCREENING OF VARIOUS PEA MORPHOTYPES FOR RESISTANCE TO OSMOTIC STRESS IN SELECTIVE *IN VITRO* SYSTEMS

G.V. Soboleva, **A.N. Sobolev***
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»
*FSBEI HE «OREL STATE UNIVERSITY NAMED AFTER I.S. TURGENEV»
E-mail: alniksobolev@rambler.ru

***Abstract**: Results of comparative assessment of genotypes of leafy and leafless morphotypes of pea for resistance to osmotic stress in vitro at the cellular level are presented. The test parameters of osmosis resistance were the growth rate of callus mass on selective media with 20% of polyethylene glycol and the ability to regenerate shoots. No significant differences in osmosis resistance between different morphotypes were revealed. Osmotic stress resistant genotypes were obtained both among leafy (L-135-03) and among leafless (L-03-109) morphotypes. However, on average, leafy genotypes were slightly more resistant to osmotic stress than leafless genotypes. In their ability to shoot from resistant calluses, the leafy morphotypes also exceeded leafless on average. It was shown that for analysis of resistance to osmotic stress at the cellular level, callus tissues of various in vitro passaging times can be used. However, due to the fact that the regenerative ability of long-passaged calli decreases sharply, it is advisable to carry out the selection using young calli. Regenerant lines R-07-11, R-08-18 were identified as promising for breeding, exceeding the original genotypes and the standard for seed productivity.*

Keywords: field pea, *in vitro*, osmotic stress, callus, resistance.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11110
УДК 635.656:631.527

КОЛЛЕКЦИЯ ГОРОХА – ИСТОЧНИК ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

И.С. БРАИЛОВА, И.А. ФИЛАТОВА
ФГБНУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

В статье представлены результаты изучения 111 коллекционных сортообразцов гороха, представленных различными эколого-географическими группами отечественной и зарубежной селекции. Исследования проводились в течение 2016-2018 гг, в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», в условиях юго-востока Центрального Черноземья. Данный селекционный материал изучался, оценивался и анализировался по ряду важнейших хозяйственноценных признаков, таких как продуктивность, устойчивость к полеганию и процентное содержание белка в зерне. В результате проделанной работы было выделено 29 образцов, отзывчивых к благоприятным гидротермическим условиям, складывающимся в период их вегетации. При средней продуктивности 602±16,0 г/делянки их урожай превышал её на 3-46 %. Самой высокой продуктивностью обладали: Темп – +105 г/дел. к стандарту, Рокет – +85 г/дел., Аз-35 – + 165 г/дел., Зенит – +35 г/дел., Самариус – + 25 г/дел., Consort – + 65 г/дел., Д-4078/04 и Л-43/09 по 45 г/дел. В условиях засухи выделилось 11 образцов, превысивших сорт-стандарт Фокор на 12-46 %, это Рокет –+52 г/дел., Л-176/2000 –+144 г/дел., Флагман 10 – +50 г/дел., Флагман 5 –+58 г/дел., Л-525/80 –+82 г/дел., Харвус 2af –+70 г/дел., Л-25695/1 –+76 г/дел., Триумф –+90 г/дел., Мадонна –+160 г/дел., АЗМК-99 –+190 г/дел., Битюг –+70 г/дел. Одним

из основных показателей, определяющих ценность гороха, является уровень содержания белка в его зерне. Высокими показателями по белку, превысившими стандарт – 22,3 %, обладали 16 образцов, из них были выделены 4 наиболее высокобелковых: Памяти Хангильдина – 25,8 %, Светозар – 25,3 %, Аксайский усатый – 25,5 %, Усатый 86 – 25,3 % и Флагман 10 – 25,0 %.

Ключевые слова: горох, коллекция, продуктивность, белок, полегание, вегетационный период.

Введение

Горох – культура мирового значения, являющаяся одним из наиболее высококачественных источников растительного белка. Планирование направлений селекции данной культуры должно быть подкреплено наличием исходного материала [1]. Анализ данных показывает, что в целях повышения стабильного урожая для каждого региона должна быть разработана система сортов, различающихся по морфологическим признакам, срокам созревания, целям использования [2, 3]. Значение исходного материала в селекции трудно переоценить. Академик И.Г. Калиненко считал [4], что работа по его созданию является такой же важной, как и создание новых сортов. Значительную роль в успешной селекционной работе с горохом на повышение продуктивности и качества, на устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды играет правильный подбор исходного материала родительских форм.

Целью наших исследований является изучение и использование коллекционных сортообразцов гороха различного эколого-географического происхождения, определение их хозяйственно ценных признаков и свойств для дальнейшей селекционной работы на увеличение урожайности, высокой белковости и устойчивости к полеганию.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлись 111 коллекционных сортообразцов, полученных из мирового генофонда коллекции ВИР, от учреждений – оригинаторов сортов, а также сорта селекции НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. Исследуемые сорта различались между собой по типу облиственности (усатые, листочковые, хамелеоны), строению и высоте стеблей (простые, высокостебельные, короткостебельные детерминантные, фасциированные), по величине и форме бобов, по типу соцветий.

Изучение коллекционных образцов проводили в 2016-2018 гг. Закладка питомников, оценки, учеты проводились в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1989). Площадь делянки 3 $м^2$. Устойчивость к полеганию оценивалась по 5-и балльной шкале. Определение белка в семенах гороха проводилось в лаборатории генетических основ качества сельскохозяйственной продукции по методу Къельдаля.

Занимаемое горохом поле располагалось в звене десятипольного селекционного севооборота. Предшественник – яровая пшеница. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным суглинистого и легкосуглинистого механического состава, реакция pH близка к нейтральной (6,5-7,1). Данные сортообразцы по всем анализируемым показателям сравнивались между собой и районированным сортом Фокор.

Метеорологические условия в годы исследования существенно различались по степени тепло- и влагообеспеченности. Погодные условия 2016 года для роста и развития гороха сложились вполне благоприятно. За вегетационный период, продолжительность которого, в среднем, была 88-90 дней, выпало около 205 мм осадков, сумма положительных температур составила 1530^0 С, что считается достаточно благоприятным для формирования высокого урожая [5]. Погодные условия 2017 года также благоприятно складывались для роста и развития гороха. За период вегетации выпало 148 мм осадков, а сумма активных температур составила 1333^0 С, что удовлетворяет потребностям культуры. В 2017 году отмечено увеличение длины вегетационного периода у гороха на 10-14 дней. Это было связано с некоторым понижением температуры воздуха, продолжавшееся на протяжении практически всей вегетации.

В 2018 году для посевов гороха сложились крайне неблагоприятные погодные условия, из-за практически полного отсутствия осадков во время всего вегетационного периода. За период с 1 мая по 16 июля выпало всего 24 мм осадков. При сумме активных температур 1357^0 С ГТК составил 0,2, что соответствует экстремальной засухе. Помимо недостаточного увлажнения, огромный вред большей части посевов гороха нанесло массовое развитие тли. Это также в значительной степени отрицательно сказалось на продуктивности гороха в целом.

Результаты и обсуждения

Знание продолжительности вегетационного периода необходимо для того, чтобы иметь представление о скороспелости сорта, с целью установления возможности возделывания его в той или иной почвенно-климатической зоне, а также с целью использования для различных хозяйственных нужд [1]. По длине вегетационного периода практически все изучавшиеся образцы в основном относятся к группе среднеспелые (табл. 1).

Таблица 1

Классификация коллекционных сортов гороха по длине вегетационного периода

Группа спелости – Раннеспелые (вегетационный период 60-75 дней)
Название образца – Sharpic Meteor, Шустрик
Группа спелости – Среднеспелые (вегетационный период 76-85 дней)
Название образца – № 45572, Гозырек, Зеленый цукат, Комбайновый 1, Л 525/80, Готивский, Харвус, Фокор, Л-29200987, Л-25695/1, Памяти Хангильдина, Рокет, Ватан, Джекпот, Бельмондо, Мадонна, Ангелла, Maxi, НС-01-135, Consort, BS-4, Green Grop, Frilene, Vigor,Victor, Моцарт, Ann, Wl-0360, PSI-6, Watia, Таловец-55, Таловец-50, Воронежский, Зенит, Усатый люпиноид, Флагман 5, Флагман 2, Самариус, Б-3606/4, Демос, Благовест, Сибур, Фаленский усатый, Д-21512, Стоян, Челябинский усатый, Л-35/08, Л-3587/04, Д-380/04, Аргон, Л-2628/04, Алтайский, Аксайский усатый, Л-119/95, Л-444/04, Агроинтел, Красноус, МС-1Д, Указ, Татьяна, Батрак, Демон, Норд, Мультик, Темп, Орлус, Фараон, Стоик, Визир, Ортюм, Аз-95-614, Аз-95-467, Аз-97-775, Аз-35, Аз-93-1995, Лу-139-00, Лу-268-98, Л-266-04, Л-177/2000, Л-112/2000, Фокор без пергаментного слоя, Таловец 70, Дударь, Таловец 65, Таловец 60, Фокор 4-бобовый, Б-3414, Аз-95-645, Л-2817/04, Триумф, Битюг, Б-2860/1, АЗМК-99, Neve, Радомир, Aster, Рамус, Hja51822, Эйфель, WL - 0360
Группа спелости – Позднеспелые (вегетационный период 86-100 дней)
Название образца – Усатый 86, Лд 206 - 94, Лд 203 - 94, Светозар

В группу позднеспелые вошли четыре сорта: Усатый 86 (Украина), Лд 206 - 94 люпиноид, Лд 203 - 94 люпиноид (Орловская обл.), Светозар (Красноярский край). Длина вегетационного периода у них за все годы исследования в среднем составила 92 дня. И два сорта, относящиеся к группе раннеспелые: Sharpic Meteor (Чехословакия), Шустрик (Орловская обл.). Длина вегетационного периода у обоих сортов составила в среднем 61 день. Основным показателем, определяющим востребованность сорта, остается его продуктивность в сочетании с гомеостатичностью.

За исследуемый период с наилучшей стороны показали себя 4 сорта: Фокор, Рокет, Зенит и Темп. На протяжении трех лет они показывали стабильно высокие показатели по продуктивности (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность сортообразцов коллекции выделившихся за три года, 2016-2018 гг.

Сорто-образец	Оригинатор	Продуктивность, г/делянки					
		2016 г.	+ к средн. по коллекции	2017 г.	+ к средн. по коллекции	2018 г.	+ к средн. по коллекции
Зенит	ВНИИСС	980	+328	640	+88	420	+69
Рокет	Дания	800	+148	920	+368	460	+109
Темп	ФНЦ ЗБК	1000	+348	760	+208	440	+89
Фокор	НИИСХ ЦЧП	850	+198	700	+148	410	+59
Средняя по коллекции		652 ±21,7		552 ±21,8		351 ±8,4	

Существенное преимущество по продуктивности имели 29 образцов: Рокет, Демон, Батрак, Темп, Фараон, А35, Ортюм, Норд, Аз-93-1995, Аз-95-614, Фокор, Зенит, Самариус,

Флагман10, Варис, Д-4078/04, Агроинтел, Д-24207, Фаленский усатый, Белус, Л-43/09, Л-35/08, Демос, Красноус, Стоян, Харвус, 2 af, Consort, Mozart, PSI-6 (табл. 3). Прибавка урожая у них варьировала от 3% до 46% к средним показателям.

Таблица 3

Лучшие коллекционные сорта гороха, выделившиеся по урожайности в условиях 2016-2017 гг.

Название образца	Страна-оригинатор	Морфотип**	Зерно**	Высота растения, см	Устойчивость к полеганию, балл	Продуктивность, г/делянки	Отклонение от	
							стандарта, г/дел.	среднего по опыту, г/дел
Рокет	Дания	ус	р	75	5	860	+85	+258
Демон	Орловская обл.	ус	р.н	65	5	680	-95	+78
Батрак		ус	р.н	75	4,75	620	-155	+18
Темп		обл	р	70	4,5	880	+105	+278
Фараон		ус	р.р	75	4,5	740*	-35	+138
Аз-35		хам	р.м	60	3,0	940*	+165	+338
Ортюм		ус	р	63	4,5	660	-115	+58
Норд		ус	р.н	63	4,5	680	-95	+78
Аз-93-1995		хам	р	75	3,5	640	-135	+38
Аз-95-614		хам	р	60	3,75	620	-155	+18
Фокор / st	Воронежская обл.	ус	р.н	60	4,75	775	0	+173
Зенит		ус	р	75	4,0	810	+35	+208
Самариус	Самарская обл.	ус	р.н	75	2,5	800*	+25	+198
Флагман 10		ус	р.н	60	4,0	680	-95	+78
Consort	Великобритания	ус	р	50	4,5	840*	+65	+238
Варис	Татарстан	ус	р.н	70	4,75	690	-85	+88
Д-4078/04	Тюменская обл.	хам	з	65	2,75	820	+45	+218
Агроинтел		ус	р	70	4,25	645	-130	+43
Mozart	Канада	ус	р	55	4,0	700*	-75	+98
Д-24207	Кировская обл.	ус	р.н	60	4,0	720	-55	+122
Фаленский усатый		ус	р	65	4,25	700*	-75	+98
Белус	Беларусь	ус	р	85	5,0	670	-105	+68
Л-43/09	Омская обл.	ус	р.н	60	3,0	820	+45	+218
Л-35/08		ус	р	65	5,0	700	-75	+98
Демос		ус	р.н	53	5,0	650	-125	+48
PSI-6	Австралия	ус	р	75	4,0	690	-85	+88
Красноус	Свердловская обл.	ус	р.н	67	4,75	730	-45	+132
Харвус 2af	Украина	ус	р.р	74	4,75	680	-95	+78
Стоян	Красноярский край	ус	р	68	5,0	655	-165	+53
Средняя по опыту						602 ±16,0		
$НСР_{05}$							96	

*Примечание: * – данные за один год; ** – ус – усатый, обл – облиственный, хам – хамелеон, р – розовый, р.н – розовый носик, р.р. – розовый рубчик, р.м. – розовый морщинистый, з/р – зелено-розовый, з.р.м – зелено-розовый морщинистый.*

При сравнении образцов коллекции с местным сортом Фокор, используемом в качестве стандарта, было выделено только 8, превысивших его по продуктивности. Данные сортообразцы относятся к группе среднеспелых, из них по урожайности, превосходящей стандарт, выделились: Рокет – + 11%, Темп – +14 %, Аз- 35 – +21 %, Зенит – +5%, Самариус – + 3%, Consort – +8%, Д-4078/04 и Л-43/09 по 6%. По высоте растения они характеризуются как среднестебельные. Наиболее выровненный и устойчивый к полеганию стеблестой формировали: Рокет, Демон, Батрак, Фокор, Варис, Белус, Л-35/08, Демос, Красноус, Харвус

2 af, Стоян. Из высокопродуктивных, низкой устойчивостью к полеганию обладали образцы с гетерофилльной формой гороха (хамелеон): Аз-35, Аз-93-1995, Аз-95-614 и Д-4078/04, а также Самариус и Л-43/09 с – усатым типом листа.

По сравнению с благоприятными для роста и развития гороха условиями, создавшимися в 2016-2017 гг., в 2018 году в условиях экстремальной засухи, урожайность гороха была значительно снижена (примерно на 40%). Количество завязавшихся бобов на растениях было в 2-3 раза меньше, также было снижено общее количество семян и их масса. Следует также отметить, что по высоте коллекционные сортообразцы были на 10 – 30 см ниже, чем в предшествующие благоприятные годы. Среди всех коллекционных сортов, анализируемых в условиях экстремальной засухи 2018 года, наиболее урожайными были 11 сортообразцов, представленных в таблице 4.

Таблица 4

Коллекционные образцы гороха, выделившиеся по продуктивности в экстремально засушливых условиях 2018 года

Название образца	Страна-оригинатор	Морфотип	Зерно	Высота растения, см	Устойчивость к полеганию, балл	Продуктивность, г/делянки	Отклонение от	
							стандарта, г/дел.	среднего по опыту, г/дел
Рокет	Дания	ус*	р	49	4,5	462	+52	+110
Л-176/2000	Ростовская обл.	ус	р н	75	2,75	554	+144	+202
Флагман 10	Самарская обл.	ус	р н	42	4,5	460	+50	+108
Флагман 5		ус	р	43	4	468	+58	+116
Л-525/80	Украина	обл	р н	65	2,5	492	+82	+140
Харвус 2 af		ус	р р	53	5	480	+70	+128
Л-25695/1	Башкортостан	обл	р н	44	2,5	486	+76	+134
Триумф		ус	р м	44	5	500	+90	+148
Мадонна	Германия	ус	р	44	5	570	+160	+218
АЗМК 99	Воронежская обл.	обл	р	60	2	600	+190	+248
Битюг		обл	з/р	38	4	480	+70	+128
Фокор/ st		ус	р.н	45	4,75	410	0	+58
Средняя по опыту						352 ±8,4		
$НСР_{05}$							50,4	

Наилучшая продуктивность, относительно не только стандарта, но и всех высеянных образцов, была у образцов с усатым типом листа: Л-176/2000 – +35% к стандарту и Мадонна – + 34%, а также у образца листочкового морфотипа: АЗМК 99 – + 46%

Несмотря на сравнительно высокую продуктивность, что особенно ценно в жарких и засушливых условиях 2018 года, образцы Л-176/2000, Л-525/80, Л-25695/1 и абсолютный лидер по урожайности облиственный сорт АЗМК 99 имеют самую низкую устойчивость к полеганию (табл. 4).

Еще одной из важнейших и ценнейших задач в селекции гороха, которая по прежнему остается в приоритете, является увеличение количественных показателей белка в семенах и его качество. Положительная связь обнаружена между содержанием белка в зерне и длиной вегетационного периода [6, 7]. Наиболее высокая белковость семян наблюдается у среднеспелых и среднепоздних сортов по сравнению со скороспелыми и среднеранними. При изучении корреляционных связей между урожаем и содержанием белка в зерне оказалось, что между этими признаками имеется отрицательная взаимосвязь, то есть, чем выше урожай, тем ниже содержание белка [8].

Из всех изучаемых в опыте коллекционных сортообразцов за период 2016-2018 гг. по содержанию белка выделились образцы, представленные в таблице 5.

Выделившиеся сорта по проценту содержания белка значительно превосходят стандартный сорт Фокор. Самые высокие показатели по содержанию белка в зерне, превосходящие не только стандарт, но и все анализируемые коллекционные сортообразцы, зафиксированы у сортов: Памяти Хангильдина – 25,76% (высокостебельный, среднеспелый), Светозар – 25,34% (высокостебельный, позднеспелый), Аксайский усатый – 25,45% (среднестебельный, среднеспелый), Усатый 86 – 25,31% (высокостебельный, позднеспелый) и Флагман 10 – 25,02% (среднестебельный, среднеспелый). Все вышеперечисленные высокобелковые сортообразцы характеризуются усатым типом листа, различаются по высоте растения и длине вегетационного периода.

Таблица 5

Лучшие образцы коллекции, выделившиеся по количественному содержанию белка

Название образца	Оригинатор	Морфотип	Зерно	Содержание белка, %	Отклонение от стандарта
Фараон	Орловская обл.	ус	р.р	24,33	+2,00
Указ	Татарстан	ус	р.	23,97	+1,64
Варис		ус	р.н	24,57	+2,24
Памяти Хангильдина	Башкортостан	ус	р.н	25,76	+3,43
Агроинтел	Тюменская обл.	ус	р.	23,65	+1,32
Д-4078/04		хам	з.	23,46	+1,13
Светозар	Красноярский край	ус	р.	25,34	+3,01
Аксайский усатый	Ростовская обл.	ус	р.н	25,45	+3,12
Л-176/2000		ус	р.н	23,42	+1,09
Марафон	Свердловская обл.	обл	р.н	23,21	+0,88
Askona	Нидерланды	ус	з	23,08	+0,75
Solara		ус	з	24,33	+2,00
Таловец 70	Воронежская обл.	ус	р.	23,09	+0,76
Усатый 86	Украина	ус	з.н	25,31	+2,98
Буян	Новосибирская обл.	ус	з.н	24,51	+2,18
Флагман 10	Самарская обл.	ус	р.н	25,02	+2,69
Средний St	Воронежская обл.	ус	р.н	22,33	

Заключение

Таким образом, при изучении коллекционных сортообразцов на юго-востоке Центрального Черноземья, в условиях, благоприятствующих росту и развитию гороха, по продуктивности выделились 9 сортообразцов: Рокет, Темп, Аз-35, Зенит, Самариус, Consort, Д-24207, Л-35/08 и Фокор. Острозасушливые условия, сложившиеся в 2018 г. позволили выделить наиболее адаптивные сортообразцы гороха, это: Флагман 5, Флагман 10, Л-525/80, Рокет, Л-176/2000, Харвус 2 af, Л-25695/1, Триумф, Мадонна, АЗМК 99, Битюг. Данные образцы характеризуются оптимальной продолжительностью вегетационного периода, имеют различие по высоте растения, по типу облиственности.

Самым высоким процентным содержанием белка в зерне обладали 16 сортообразцов: Фараон, Указ, Варис, Памяти Хангильдина, Агроинтел, Д-4078/04, Светозар, Аксайский усатый, Л-176/2000, Марафон, Askona, Solara, Таловец 70, Усатый 86, Буян, Флагман 10.

Данные сортообразцы, выделившиеся по хозяйственно ценным признакам, можно использовать в качестве родительских форм или доноров при создании исходного материала и для дальнейшей селекционной работы на повышение потенциала продуктивности гороха, содержания количества белка в семенах и лучшую устойчивость к полеганию.

Литература

1. Ашиев А.Р. Исходный материал гороха (*PISUM SATIVUM* L.) и его селекционное использование в условиях Предуральской степи Республики Башкортостан: дис. …канд. с.-х. наук. – 2014. –184 с.

2. Вербицкий Н. М. О некоторых аспектах селекции гороха. // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур. – Орел, – 2004. – С. 403-407.

3. Вербицкий Н. М. Селекция гороха в условиях Северного Кавказа – Ростов-на-Дону, – 1992. – 259 с.

4. Калиненко И.Г. Селекция озимой пшеницы: результаты, перспективы, проблемы, поиски // Селекция и семеноводство. – 1986.– № 6. – С. 2-7.
5. Макашова Р.Х. Культурная флора СССР. Зерновые бобовые культуры. Часть I. – Л.: Колос, 1979. – 324 с.
6. Дрозд А. М. Результаты работ по выведению зимостойких сортов гороха // Селекция и семеноводство зернобобовых культур. – М. – 1965. – С. 83-87.
7. Шульга М. С. Создание высокопродуктивных сортов гороха и некоторые вопросы его возделывания и семеноводство // Культура зернобобовых растений. – М., – 1967. – С. 45-51.
8. Бурдун А. М. Наследование количества белка в семенах гороха: автореф. дисс. … канд. с.-х. наук. – Краснодар, – 1969. – 24 с.

PEA COLLECTION – SOURCE OF ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERISTICS

I.S. Brailova, I.A. Filatova
FSBSI «V.V. DOKUCHAEV RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF THE CENTRAL-CHERNOSEM ZONE»

Abstract: *In the article presents the results of a study of 111 collection samples of peas, represented by various ecological-geographical groups of domestic and foreign selection. The studies were conducted during 2016-2018, in accordance with the «Methodology of state variety testing of crops», in the south-east of the Central Black Soil Region. This breeding material was studied, evaluated and analyzed for a number of the most important economically valuable traits, such as productivity, resistance to lodging and the percentage of protein in the grain. As a result of the work done, 29 samples responsive to the favorable hydrothermal conditions emerging during their growing season were identified. With an average productivity of 602 ± 16.0 g / plots, their yield exceeded it by 3-46%. They had the highest productivity: Temp – +105 g / pl. to the standard, Rocket – +85 g / pl., Az-35 – + 165 g / pl., Zenith - +35 g / pl., Samarius – + 25 g / pl., Consort – + 65 g / pl., D-4078/04 and L-43/09 for 45 g / pl. Under the conditions of drought, 11 samples exceeding the variety standard Fokor were distinguished by 12 - 46%, this is Rocket – + 52 g / pl., L-176/2000 – + 144 g / pl., Flagman10 – + 50 g / pl., Flagship 5 – + 58 g / pl., L-525/80 – + 82 g / pl., Kharvus 2af - + 70 g / pl., L-25695/1 – + 76 g / pl., Triumph – +90 g / pl., Madonna – + 160 g / pl., AZMK 99 – + 190 g / pl., Bityug – + 70 g / pl. One of the main indicators determining the value of peas is the level of protein content in its grain. High levels of protein exceeded the standard – 22,3%, had 16 samples, of which 4 of the most high-protein were isolated: In memory of Hangildin – 25,8%, Svetozar – 25,3%, Aksay usaty – 25,5%, Usaty – 86-25,3% and Flagship – 10-25,0%.*

Keywords: peas, collection, productivity, protein, lodging, vegetation period.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11111
УДК *:* 633.358 : 631.527

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНИРОВАННЫХ СОРТОВ ГОРОХА ДОНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Н.А. КОРОБОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
А.П. КОРОБОВ, кандидат биологических наук
А.А. ЛЫСЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук
Е.В. ПУЧКОВА, Ю.В. ШАПОШНИКОВА
ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»
E-mail: kornat58@mail.ru

За период с 1962 года и по настоящее время районировано 25 сортов гороха Донской селекции. Наибольшие площади посева из сортов зернового направления занимают Аксайский усатый 5, Аксайский усатый 7 и Аксайский усатый 55, районированные в 1996-2003 гг.. В 2013-2014 гг. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в сельскохозяйственном производстве РФ внесены 3 новых сорта: Альянс, Атаман и Кадет, в 2019 – еще 2 сорта гороха - Премьер и Сотник.

В 2017 г. в опыте была отмечена наибольшая за все годы изучения урожайность, достигшая 38,0-41,0 ц/га у новых сортов, что значительно выше средней урожайности стандарта – на 28,3-38,5%. В среднем за 3 года прибавка урожайности к стандарту Аксайский усатый 5 у современных сортов составила 6,1-8,4 ц/га.

Как показали исследования, сорта современной селекции превосходили стандарт практически по всем показателям признака продуктивности, имели больший сбор белка с единицы площади и были значительно более технологичными в период созревания.

***Ключевые слова*:** горох, селекция, сорт, урожайность, технологичность, сбор белка.

В начале 20-го века горох на Дону высевали в очень малом количестве, относя эту культуру скорее к огородным, чем к полевым. Ни продовольственного, ни кормового значения тогда горох не имел. Запросы животноводства в кормах вполне удовлетворялись наличием естественных выпасов и сенокосов. Однако с ростом городского населения, развитием внешнеторговых связей в зоне бурно стало развиваться земледелие.

В настоящее время горох – основная зернобобовая культура в Ростовской области. Он обладает высокими пищевыми и кормовыми достоинствами, поскольку его белок легко усваивается. В состав зерна этой культуры входят все незаменимые аминокислоты, а также содержится сравнительно много углеводов, витаминов, микроэлементов и минеральных веществ. Кроме того, горох имеет большое агротехническое значение, является одним из лучших предшественников под озимые хлеба. Обладая симбиотической азотфиксацией и высокой усвояющей способностью корней, он перерабатывает атмосферный азот в доступную для растений форму, использует труднорастворимые и малодоступные для злаков минеральные соединения. Способность гороха фиксировать атмосферный азот и оставлять его до 70 кг/га в почве после уборки значительно повышает почвенное плодородие и обеспечивает экономию удобрений [1]. Поэтому по своим потребительским и средообразующим качествам горох по праву занимает одно из ведущих мест среди бобовых культур [2, 3].

В Российской Федерации в структуре посевных площадей зерновые бобовые культуры занимают всего 6,1%, из них только 1,6% (1328 тыс. га по данным Росстат, 2018 г.) составляют площади посева под горохом, что крайне недостаточно для рационального развития сельского хозяйства [4]. Однако в структуре валового сбора зерна зернобобовых культур горох по-прежнему занимает лидирующее положение вследствие более высокой урожайности – 77%. Его производство в стране увеличилось в 1,5 раза по сравнению с 2016 годом и достигло 3,3 млн. т [4].

Основой производства любой сельскохозяйственной продукции является сорт и в современных условиях его роль значительно возрастает. Новый сорт – это важнейшее, наиболее доступное средство использования почвенно-климатических, погодных, техногенных, трудовых, финансовых и других ресурсов [5]. Современные сорта должны быть энергосберегающими, адаптивными, экологически устойчивыми биологическими системами [6].

Для получения максимально возможного и стабильного урожая немаловажное значение приобретает правильный подбор сортов для каждого региона Российской Федерации. Большое разнообразие почвенно-климатических условий в основных земледельческих регионах нашей страны требует особых подходов к принципам формирования сортовых ресурсов, которые должны обеспечивать устойчивое производство высокобелкового растительного сырья [7].

Почвенно-климатические условия Приазовской зоны Ростовской области позволяют получать относительно высокие урожаи зерна раннеспелых и среднеспелых сортов – около 2,5-3,0 т/га. Значительные успехи в повышении урожайности гороха (до 5-6 т/га) произошли в ряде стран Европы в результате реализации комплексных программ по созданию и внедрению принципиально новых сортов, более приспособленных для современного сельскохозяйственного производства. Чтобы достичь таких же высоких показателей продуктивности в нашей стране, необходимо значительно усилить селекционно-генетическую работу по гороху, результатом которой должно стать создание и последующее внедрение в производство новых высокопродуктивных, технологичных в уборке, экологически пластичных сортов с высоким качеством зерна [8, 9].

За период с 1962 года и по настоящее время районировано 25 сортов гороха Донской селекции. Наибольшее распространение в свое время получили сорта Сармат, Аксайский усатый 5, Аксайский усатый 7, Аксайский усатый 55, Усатый кормовой, которые, как показала практика, лишь в некоторой степени соответствуют требованиям современного сельскохозяйственного производства.

Поэтому, основным направлением в нашей селекционной работе стало создание высокоурожайных, технологичных, устойчивых к различным неблагоприятным факторам среды сортов гороха, приспособленных для выращивания в различных регионах Российской Федерации.

Цель данной работы – выявить возможные отличия в морфо-биологических признаках девяти районированных сортов гороха и охарактеризовать лучшие из них.

Условия, материалы и методика исследований

Исследования проводили в 2016-2018 годах в селекционном севообороте лаборатории селекции и семеноводства гороха ФГБНУ ФРАНЦ. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным, карбонатным, тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое – 4,1%. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной – pH = 7,02-7,06. Содержание нитратного азота составляет 23 мг/кг, аммонийного – 20,4 мг/кг, подвижного фосфора – 66 мг/кг, обменного калия – 425 мг/кг почвы.

Для проведения сравнительной оценки в качестве объекта исследований использовали 9 районированных сортов гороха – Аксайский усатый 5, Аксайский усатый 7, Аксайский усатый 10, Аксайский усатый 55, Альянс, Атаман, Кадет, Премьер и Сотник.

Посев проводили сплошным рядовым способом селекционной универсальной сеялкой СУ-10. Норма высева – 1,2 млн. всхожих семян на гектар. Посевная площадь делянки – 16,5 кв. м, учетная – 15,0 кв. м, повторность – трехкратная. Уборку проводили комбайном Сампо 130, очистку семян – на пневмосортировальной машине ПСМ 0,5. В первом и третьем повторении закладывали учетные площадки с целью отбора снопов для структурного анализа растений.

В течение вегетации проводили наблюдения и оценки согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [10] и «Методическим указаниям по изучению коллекции зерновых бобовых культур» [11].

Результаты и обсуждение

Ретроспективный анализ результатов длительной селекции за столетний период показал, что в условиях Центральной России урожайность семян гороха возросла в 2,5 раза [12]. Увеличение урожайности у современных сортов произошло «за счет трансформации регуляторных факторов продукционного процесса путем изменения донорно-акцепторных отношений между вегетативной частью растений и семенами, усиления аттрагирующей активности и увеличения реутилизации веществ из вегетативных органов» [12].

При выведении новых сортов гороха с максимально высокой продуктивностью необходимо детальное изучение происходящих в растениях в процессе длительной целенаправленной селекции возможных изменений морфологического строения и элементов структуры урожая. Поэтому задачей нашего исследования являлась максимально точная в условиях полевого опыта сравнительная оценка районированных сортов и выявление лучших из них, превосходящих стандарт Аксайский усатый 5 по урожайности, качеству продукции, устойчивости к осыпанию семян и полеганию растений.

Необходимо отметить, что годы проведения исследований по метеорологическим условиям существенно отличались друг от друга. Наиболее благоприятным по температурному режиму и влагообеспеченности, особенно в фазы цветения и налива зерна, был 2017 год. Недостаток влаги, высокие дневные и ночные температуры воздуха оказали крайне негативное влияние на развитие растений гороха в 2018 году.

В таблице 1 представлены данные по урожайности районированных сортов гороха Донской селекции, полученные в экологическом сортоиспытании.

Таблица 1

Урожайность сортов зернового гороха в экологическом сортоиспытании, ц/га

Сорт	Год районирования	2016	2017	2018	В среднем	
					урожайность	прибавка к st
Аксайский усатый 5, st	1996	12,4	29,6	16,2	19,4	-
Аксайский усатый 7	1999	13,6	29,4	15,4	19,5	0,1
Аксайский усатый 10	2000	22,2	26,8	16,2	21,7	2,3
Аксайский усатый 55	2003	19,4	25,1	16,6	20,4	1,0
Альянс	2013	18,8	40,0	17,6	25,5	6,1
Атаман	2014	22,6	40,8	16,0	26,5	7,1
Кадет	2014	19,7	40,6	18,3	26,2	6,8
Премьер	2019	23,4	38,0	15,4	25,6	6,2
Сотник	2019	26,9	41,0	15,4	27,8	8,4
$НСР_{05}$		0,8	1,6	1,6		

В 2016 году максимальная урожайность гороха находилась на уровне 23,4-26,9 ц/га. Наиболее высокая урожайность была отмечена у сортов современной селекции Атаман, Премьер и Сотник: на 10,2-14,5 ц/га достоверно превысивших урожайность стандарта.

В 2017 году в опыте была отмечена наибольшая за все годы изучения урожайность, достигшая 38,0-41,0 ц/га у новых сортов, что значительно выше средней урожайности стандарта (на 28,3-38,5%). В среднем за 3 года прибавка урожайности к стандарту Аксайский усатый 5 у современных сортов составила 6,1-8,4 ц/га.

Из морфологических показателей наиболее важными для гороха являются высота растений и высота прикрепления нижнего боба.

Подавляющее большинство первых промышленных сортов зернового гороха были представлены листочковыми, длинностебельными морфотипами. Высокая потенциальная продуктивность таких сортов слабо реализуется в производстве в связи с сильным

полеганием растений, подпреванием и загниванием нижних бобов и листьев, осыпанием семян, что значительно затрудняло механизированную уборку и приводило к большим потерям зерна. Значительного повышения технологичности уборки гороха нам удалось добиться, при создании «усатых» морфотипов.

Необходимо отметить, что в последнее время в сельскохозяйственном производстве в основном, возделываются среднерослые сорта гороха с длиной стебля около 60-80 см, которые более устойчивы к полеганию, чем длинностебельные. Именно такой длиной обладают лучшие районированные сорта селекции ФГБНУ ФРАНЦ (табл. 2).

Таблица 2

Изменчивость морфологических признаков районированных сортов гороха (в среднем за 2016 – 2018 гг.)

	Год	Длина стебля, см		Количество узлов, шт.	
		до 1-го плод. узла	общая	до 1-го плод. узла	общее
Аксайский усатый 5	2016	47,2±1,2	64,8±1,4	17,2±0,3	21,1±0,2
	2017	60,5±1,7	87,8±2,0	18,4±0,4	21,9±0,3
	2018	48,8±1,2	64,7±1,6	16,0±0,1	20,0±0,4
в среднем		**52,2**	**72,4**	**17,2**	**21,0**
Аксайский усатый 7	2016	50,8±1,6	68,2±2,0	15,8±0,4	21,2±0,5
	2017	65,1±2,1	82,0±1,0	18,3±0,3	20,7±0,5
	2018	58,4±0,8	79,5 ±2,0	16,2±0,2	20,8±0,3
в среднем		**58,1**	**76,6**	**16,8**	**20,9**
Аксайский усатый 10	2016	34,8±0,7	51,9±1,1	15,7±0,4	20,0±0,5
	2017	46,8±2,0	65,4±1,3	16,7±0,2	20,4±0,4
	2018	43,7±0,7	62,7±0,2	15,4±0,3	19,6±0,3
в среднем		**41,8**	**60,0**	**15,9**	**20,0**
Аксайский усатый 55	2016	46,9±1,2	64,1±1,7	15,1±0,3	20,8±0,5
	2017	56,2±1,9	76,9±2,5	17,5±0,4	21,4±0,6
	2018	50,6±1,2	75,1±1,0	17,0±0,2	21,0±0,2
в среднем		**51,2**	**72,0**	**16,5**	**21,1**
Альянс	2016	55,6±1,2	73,6±1,3	17,8±0,3	22,6±0,5
	2017	63,6±1,0	79,7±2,4	19,2±0,3	22,0±0,5
	2018	59,8±1,0	72,4±1,9	17,8±0,3	22,2±0,5
в среднем		**59,7**	**75,2**	**18,3**	**22,2**
Атаман	2016	40,3±0,6	55,2±0,5	16,0±0,2	20,8±0,2
	2017	52,8±1,0	68,2±1,4	17,2±0,3	21,0±0,3
	2018	48,7±0,9	67,2±0,9	16,6±0,2	21,4±0,2
в среднем		**47,3**	**63,5**	**16,6**	**21,1**
Кадет	2016	38,2±0,8	58,2±1,0	16,0±0,2	21,5±0,2
	2017	50,0±0,6	74,7±0,9	17,9±0,3	22,6±0,3
	2018	37,4±0,9	60,0±1,0	15,8±0,2	21,4±0,2
в среднем		**41,9**	**64,3**	**16,6**	**21,8**
Премьер	2016	41,2±0,6	54,2±0,5	16,8±0,2	20,6±0,2
	2017	53,8±1,0	71,4±1,4	17,3±0,3	21,2±0,3
	2018	47,7±0,9	68,2±0,9	16,7±0,2	21,6±0,2
в среднем		**47,6**	**64,6**	**16,9**	**21,1**
Сотник	2016	42,3±0,6	56,3±0,5	16,9±0,2	20,3±0,2
	2017	53,8±1,0	71,4±1,4	17,7±0,3	21,4±0,3
	2018	48,9±0,9	69,5±0,9	16,8±0,2	21,7±0,2
в среднем		**48,3**	**65,7**	**17,1**	**21,1**

Как видно из таблицы 2, первые усатые сорта гороха Донской селекции (1996-х – 2003-х годов) имели наибольшую длину стебля: Аксайский усатый 7-76,6 см, Аксайский усатый 5 – 72,4 см, Аксайский усатый 55 – 72,0 см. Более короткой соломиной обладал раннеспелый сорт Аксайский усатый 10 – 60,0 см.

Длина стебля у сортов гороха современной селекции Атаман, Кадет, Премьер и Сотник находилась в пределах 63,5-65,7 см, а у сорта Альянс – как и у первых районированных сортов Аксайский усатый 5 и Аксайский усатый 7. Но при этом необходимо отметить, что новый сорт был значительно более устойчив к полеганию растений за счет мощно развитых усов и прочной соломины.

Укорочение стебля у сортов гороха «современной» селекции произошло не за счет сокращения общего количества узлов на растении (у всех среднерослых сортов оно находилось приблизительно на одном уровне и составляло 21-22 шт.), а за счет уменьшения длины междоузлия.

Для сельхозпроизводителей очень важно, чтобы высота прикрепления нижних бобов на растении гороха была не ниже, чем 30-40 см, иначе возможны большие потери бобов при уборке. У всех изучаемых сортов этот показатель находился на уровне 41,8-59,7 см.

Необходимо подчеркнуть, что «современные» сорта были более технологичными в период созревания семян и имели балл по устойчивости растений к полеганию на 1,5-2,0 выше, чем Аксайский усатый 5. К моменту уборки они практически не полегали и легко убирались напрямую с минимальными потерями зерна. Нами отмечено также, что изменение в сторону укорочения стебля и уменьшения в связи с этим вегетативной массы растения у новых сортов гороха не повлекло за собой снижения их продуктивности.

Из литературных данных хорошо известно, что продуктивность растения гороха – признак сложный, определяется соотношением многих компонентов, но в конечном итоге зависит от числа семян с растения и массы 1000 семян. Эти показатели являются к тому же важными сортовыми признаками. Нельзя не учитывать, что число семян на растении в свою очередь также является величиной производной, определяемой числом продуктивных узлов, бобов на растении и семян в бобе.

При проведении структурного анализа растений установлено, что величины различных признаков продуктивности у разных сортов неодинаковы (табл. 3).

В условиях обычного агрофитоценоза максимальное количество бобов 7,9-8,2 шт. на одном растении, в среднем за три года, было сформировано у сортов гороха Премьер, Сотник и Кадет. Наиболее благоприятным для развития этого признака сложился 2017 год, когда растения смогли сохранить к моменту созревания до 9 бобов. Наибольшее количество семян дали сорта Аксайский усатый 55, Премьер и Сотник. Наибольшей крупностью семян отличались сорта Атаман, Премьер и Сотник (табл. 3). Масса 1000 семян у них составила 218-225 г. Это может служить доказательством того, что в результате длительной селекционной работы можно добиться повышения продуктивности растений путем увеличения числа семян и их крупности.

Сочетание в одном растении всех этих показателей и обусловило разную их продуктивность. Самая высокая продуктивность отмечена у сорта гороха Сотник – 8,6 г, на 2,6 г превышающая стандарт Аксайский усатый 5.

Из анализа трехлетних наблюдений следует, что лучшие перспективные сорта во все годы испытаний, в том числе и в более жестком по погодным условиям 2018 году, по всем показателям структуры урожая имели более высокие значения, чем стандарт. По всей вероятности, этот факт объясняется тем, что районированный более 23 лет назад сорт Аксайский усатый 5 менее приспособлен к «современным» высоким температурам и недостатку влаги в почве, вследствие чего растения испытывают стресс и формируют меньшую урожайность. Новые же сорта проявили высокую адаптивность к различным условиям произрастания и имели достаточно высокую продуктивность растений в различные по погодным условиям годы.

Дальнейшее повышение семенной продуктивности можно достичь, только решая одновременно проблему полегаемости сортов, которая приводит к недобору 25-60% урожая не только за счет потерь при уборке, но и за счет ухудшения условий фотосинтетической деятельности, нарушения всего процесса метаболизма растений [13].

Таблица 3

Структура урожая районированных сортов гороха (в среднем за 2016 – 2018 гг.)

Сорт	Год	Кол-во плод. узлов, шт.	Кол-во бобов, шт.	Кол-во семян, шт.	Продуктивность растения, г	Масса 1000 семян, г
Аксайский усатый 5	2016	2,2±0,1	5,2±0,4	32,7±2,5	5,5±0,5	155,4
	2017	4,3±0,3	7,4±0,4	36,1±2,0	6,0±0,3	166,2
	2018	2,6±0,1	5,3±0,4	35,5±1,8	6,5±0,3	160,3
в среднем		**3,0**	**6,0**	**34,8**	**6,0**	**160,6**
Аксайский усатый 7	2016	4,6±0,2	5,5±0,4	26,9±2,1	5,0±0,5	180,5
	2017	3,2±0,4	6,9±0,4	42,0±1,7	8,4±0,3	201,2
	2018	4,8±0,2	5,8±0,8	31,9±4,1	6,3±0,8	203,2
в среднем		**4,2**	**6,0**	**33,6**	**6,6**	**195,0**
Аксайский усатый 10	2016	3,7±0,3	7,0±0,6	32,6±2,6	6,5±0,5	180,2
	2017	4,8±0,4	8,1±0,7	37,2±2,9	7,1±0,5	216,1
	2018	4,4±0,3	7,1±0,3	33,2±2,0	6,0±0,3	193,3
в среднем		**4,3**	**7,4**	**34,3**	**6,5**	**196,5**
Аксайский усатый 55	2016	4,3±0,4	7,4±0,7	35,7±3,1	6,3±0,5	162,4
	2017	4,4±0,4	8,1±1,0	46,7±2,8	7,8±0,2	180,4
	2018	5,0±0,3	8,0±0,4	46,0±5,8	6,6±0,5	168,2
в среднем		**4,6**	**7,8**	**42,8**	**6,9**	**170,3**
Альянс	2016	4,4 ±0,3	7,4±0,5	34,8±3,0	6,7±0,6	185,3
	2017	5,0±0,2	8,2±0,5	38,8±0,5	7,6±0,2	200,3
	2018	4,2±0,2	7,9±0,5	37,4±2,7	6,6±0,7	200,1
в среднем		**4,5**	**7,8**	**37,0**	**7,0**	**195,2**
Атаман	2016	4,6±0,2	7,4±0,6	34,0±2,8	7,2±0,6	212,3
	2017	5,2±0,2	8,4±0,6	30,8±3,4	7,3±0,7	236,2
	2018	4,2±0,2	6,8±0,5	32,2±1,9	6,8±0,4	220,3
в среднем		**4,7**	**7,5**	**32,3**	**7,1**	**222,9**
Кадет	2016	5,0±0,1	8,4±0,5	34,6±1,7	7,2±0,4	199,1
	2017	5,0±0,1	8,3±0,6	33,7±2,0	7,6±0,5	236,2
	2018	4,6±0,1	8,0±0,3	32,0±1,6	6,3±0,4	210,4
в среднем		**4,9**	**8,2**	**33,4**	**7,0**	**215,2**
Премьер	2016	4,6±0,2	7,9±0,6	39,0±2,8	7,7±0,6	212,3
	2017	5,2±0,3	8,4±0,6	40,8±3,4	8,4±0,7	221,2
	2018	4,8±0,2	7,8±0,5	38,2±1,9	7,6±0,4	220,3
в среднем		**4,9**	**7,9**	**39,3**	**8,4**	**217,9**
Сотник	2016	4,5±0,2	7,8±0,6	39,2±2,8	8,4±0,6	216,3
	2017	5,1±0,3	8,6±0,6	41,8±3,4	8,9±0,7	232,2
	2018	4,8±0,2	7,9±0,5	38,4±1,9	8,5±0,4	227,3
в среднем		**4,9**	**8,1**	**39,8**	**8,6**	**225,3**

Высокая технологичность – один из основных критериев востребованности сорта в производстве. Этот показатель зависит от длины стебля, которая в значительной степени определяет устойчивость растений к полеганию. Устойчивость изучаемых сортов оценивали в полевых условиях по пятибалльной шкале: 5 – отсутствие полегания; 4 – слабое полегание, когда стебли слегка были наклонены, 3 – среднее полегание, характеризующееся наклоном стеблей к поверхности почвы под углом 45^{o}; 2 – сильное полегание; 1 – очень сильное полегание, когда механизированная уборка урожая невозможна. Кроме того, для полной характеристики полегаемости сортов использовали коэффициент полегания – частное от

деления высоты в травостое (в см) на высоту вытянутого растения (длину стебля) в см. Этот показатель, по нашему мнению, более точен в оценке сортов по технологичности (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициент полегания сортов гороха в период уборки

Сорт	Морфотип	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Аксайский усатый 5	усатый	0,36	0,39	0,41
Аксайский усатый 7	усатый	0,27	0,23	0,32
Альянс	усатый	0,52	0,55	0,62
Атаман	усатый	0,78	0,86	0,89
Кадет	листочковый	0,56	0,59	0,51
Премьер	усатый	0,88	0,93	0,86
Сотник	усатый	0,90	0,95	0,93

Проведенные исследования показали, что в основном все изучаемые сорта достаточно устойчивы к полеганию. Однако, сорта последних лет районирования были более технологичными. Так, листочковый сорт гороха Кадет к моменту созревания имел коэффициент полегания 0,51-0,59 при 0,36-0,41 у стандарта Аксайский усатый 5 и легко убирался прямым комбайнированием. Именно высокая устойчивость к полеганию новых сортов, определившая благоприятный ход физиологических процессов и снижение потерь при уборке, обеспечили более высокую продуктивность растений.

Содержание белка в зерне гороха также зависело от складывающихся погодных условий и колебалось по годам (рис).

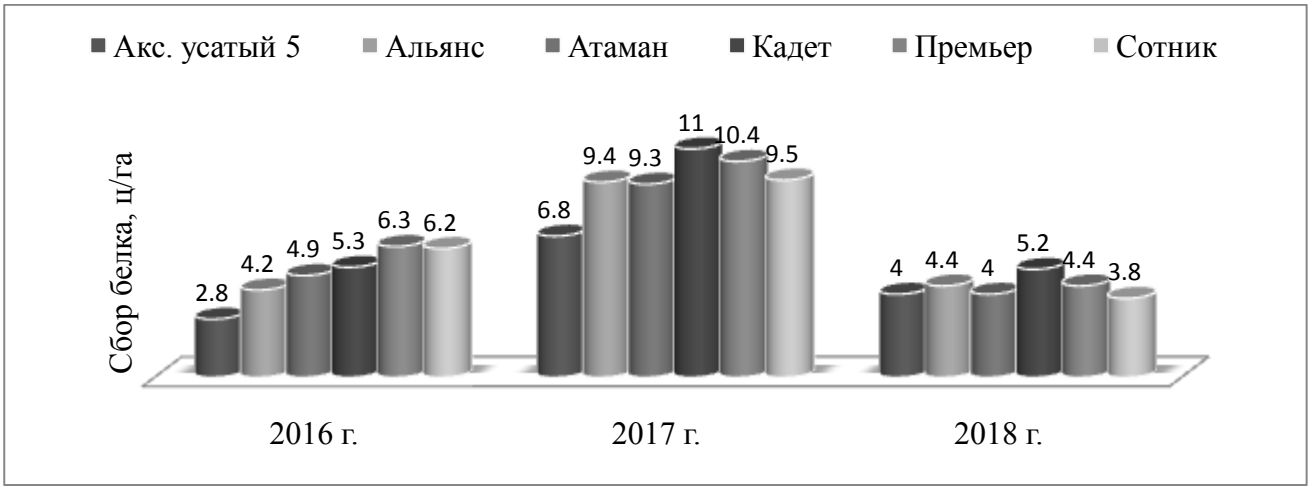


Рис. Сбор белка с единицы площади, ц/га

Максимальный сбор белка с единицы площади обеспечивал во все годы испытания ценный по качеству продуктивный листочковый сорт Кадет – 5,2-11,0 ц/га, что на 1,2-4,2 ц/га выше, чем у лучшего районированного сорта. Внесенный в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных в производство с 2019 года, сорт усатого морфотипа Премьер отнесен к ценным по качеству семян сортам.

Заключение

В сортоиспытании самая высокая урожайность была отмечена в 2017 году у сортов гороха последних лет районирования Альянс, Атаман, Кадет, Премьер и Сотник, которая составила 38,0-41,0 ц/га. У сортов 1996-2003-х годов районирования Аксайский усатый 5, Аксайский усатый 7, Аксайский усатый 10 и Аксайский усатый 55 в этот же год она находилась на уровне 25,1-29,6 ц/га, существенно ниже. Наибольшую прибавку урожайности по отношению к стандарту в среднем за три года дал сорт Сотник – 8,4 ц/га. Сорта современной селекции гороха превосходили стандарт практически по всем показателям признака продуктивности, имели больший сбор белка с единицы площади и были значительно более технологичными в период созревания.

Таким образом, сравнительное изучение районированных сортов гороха еще раз подтвердило правильность выбора тактики и стратегии селекционного процесса в Федеральном Ростовском АНЦ. При создании новых сортов основное внимание уделено нами подбору исходного материала с ценными хозяйственно-биологическими признаками: продуктивность, технологичность, адаптивность и качество зерна.

Литература

1. Панов Б. К. Результаты селекции гороха // Достижение науки и техники АПК. – 2007. – № 2. – С. 18-19.
2. Задорин А.Д., Исаев А.П., Лапин А.П. Средообразующая роль бобовых культур. – Орел, 2003. – 126 с.
3. Уваров В.Н., Костикова Н.О., Задорин А.М. Результаты селекции на урожайность и качество семян гороха // Земледелие. – 2015. – № 5. – С. 40-41.
4. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 4-9. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10008.
5. Алабушев А.В. Сорт как фактор инновационного развития зернового производства // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 3. – С. 8-11.
6. Добруцкая Е.Г., Пивоваров В.Ф. Экологическая роль сорта в XXI веке // Селекция и семеноводство. – 2000. – № 1. – С.28-30.
7. Зотиков В.И. Селекция зернобобовых и крупяных культур - основные направления и перспективы// Вестник ОрелГАУ. – 2006. – № 2-3. – С.33-35.
8. Зотиков В. И. Роль зернобобовых и крупяных культур в зерновом балансе страны // Вестник ОрелГАУ. – 2009. – № 3. – С. 49-51.
9. Фомин В.С. Пути повышения эффективности селекции гороха в ЦЧЗ: Автореф. дис… д-ра с.-х. наук. – Немчиновка, 1995. – 45 с.
10. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1971. – Вып. 1. – 248 с.
11. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. – Ленинград, 1975. – 60 с.
12. Зеленов А.А. Новый морфотип гороха и оценка перспективы его использования в чистых и смешанных посевах // Агробизнес и экология. – 2015. – Т. 2. – № 2. – С. 229-232.
13. Физиологические аспекты селекции гороха на высокую семенную продуктивность на юге Нечерноземной зоны РСФСР (Методические рекомендации). – М., 1990. – 29 с.

Статья подготовлена в рамках выполнения задания № 0710-2019-0028 Программы ФНИ ГАН на 2019 год.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF CULTIVARS OF PEAS DONSKOY BREEDING

N.A. Korobova, A.P. Korobov, A.A. Lysenko, E.V. Puchkova, Y.V. Shaposhnikova
FGBNU «ROSTOV FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE»

Abstract: *For the period from 1962 to the present time 25 varieties of peas of the don breeding have been zoned. The largest area of planting of the varieties of the grain direction occupy with Aksaysky usaty 5, Aksaysky usaty 7 and Aksaysky usaty 55, released in 1996-2003. In 2013-2014 in the State register of selection achievements admitted to use in agricultural production, 3 new varieties were introduced: Alliance, Ataman and Kadet, and in 2019 – 2 more varieties of peas: Premier and Sotnik.*

In 2017, the experience was marked by the highest yield for all years of study, which reached 38.0-41.0 C/ha in new varieties, which is significantly higher than the average yield of the standard – by 28.3-38.5%. On average, for 3 years, the increase in yield to the standard Aksai whiskered 5 in modern varieties was 6.1-8.4 C/ha.

As studies have shown, the varieties of modern breeding exceeded the standard in almost all indicators of productivity, had a greater collection of protein per unit area and were much more technological during maturation.

Keywords: peas, selection, variety, yield, plant productivity, manufacturability, protein collection.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11112
УДК635.65(478)

СЕЛЕКЦИОННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В СОЗДАНИИ НОВЫХ СОРТОВ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В НИИПК «СЕЛЕКЦИЯ» РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

В.И. ВОЗИЯН, М.Д. ЯКОБУЦА, Л.П. АВЭДЭНИЙ
НИИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР «СЕЛЕКЦИЯ», РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА

В статье отражены поэтапные результаты селекционных исследований по зернобобовым культурам в НИИПК за 75-летнюю научную деятельность, с отражением значительного прогресса в создании новых более адаптивных и технологичных сортов.

Ключевые слова: селекция, сорта, продуктивность, адаптивность, засуха.

Зернобобовые культуры отличаются широким диапазоном народнохозяйственного значения. Во-первых, они являются главным источником высококачественного и легко усвояемого дешевого растительного белка. Во-вторых, они играют огромную роль в биологическом улучшении плодородия почвы, полноправно считаясь лучшими предшественниками, особенно для озимых злаковых культур.

Экономическая ценность зернобобовых указывает на необходимость увеличения их доли в структуре посевных площадей республики. Это возможно путем широкого внедрения в производство новых высокоурожайных сортов с экологической адаптивностью к условиям измененных климатических условий.

За 75-летнюю деятельность института в лаборатории селекции и технологии возделывания зернобобовых и кормовых культур были созданы 96 сортов гороха, сои, фасоли, из которых 54 районированы в разные годы в республике и за ее пределами.

В статье представлен краткий анализ селекционных исследований по зернобобовым культурам в НИИПК «Селекция», приведены результаты аналитического сравнения сортов, выведенных на разных этапах научных разработок.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились на опытных полях НИИПК «Селекция» (г. Бельцы) в так называемой Бельцкой степи, расположенной в зоне недостаточного увлажнения. Почва опытного поля – обыкновенный чернозем с уровнем pH – 6,6-7,1.

Полевые опыты закладывались по общепринятой методике. Размер делянок 10 м^2, повторность 4-х кратная. Применяемая агротехника соответствовала рекомендованной технологии возделывания зернобобовых культур (горох, соя и фасоль). Объект исследований – сорта местной селекции, районированные в республике в разные годы.

Результаты исследований

История развития молдавской селекции зернобобовых культур делится на несколько этапов. **Первый этап** – интродукция зарубежных сортов с одновременной организацией специальных экспедиций во всех зонах республики с целью сбора местных форм. На этом этапе как метод селекции был использован массовый и индивидуальный отбор. Таким методом были созданы первые сорта гороха Кормовой 220 и Кормовой 226, сои - Бельцкая 636, Бельцкая кормовая 2, фасоли – Молдавская белая улучшенная и Бессарабка.

Продуктивность этих сортов варьировала в пределах 1,2-1,5 т/га. Они характеризовались поздним созреванием, создавая трудности при уборке урожая, особенно у сои, которая вызревала за 130-150 дней. У гороха и фасоли период вегетации длился 90-113 дней. Одним из негативных свойств у этих сортов была слабая устойчивость к полеганию, что приводило к большим потерям урожая.

Второй этап – переход селекции на научную основу, связанную с новыми открытиями в области биологических наук, позволившие применение новых, более усовершенствованных методов в создании сортов. Одним из таких методов стала

гибридизация, которая и до сих пор остается главным источником формообразовательного процесса.

Первыми сортами, полученными этим методом, были хорошо известные сорта гороха – Огонек и Авангард, сои - Аурика, Бельцкая 25 и Скынтея, фасоли – Порумбица и Тимпурие, районированные в начале 80-х годов, как в Молдове, так и за ее пределами. Они обладали многими ценными агрономическими признаками и свойствами, но в то же время они были высокорослыми, позднеспелыми, слабоустойчивыми к полеганию и осыпанию семян.

Продуктивность сортов, выведенных на данном этапе, составляла в среднем 1,8-2,5 т/га семян.

Благодаря активному обмену генетическим материалом между селекционными учреждениями и ВИР стало возможным устранение некоторых негативных признаков и свойств вышеупомянутых сортов. Так, у гороха для повышения устойчивости к полеганию и осыпанию семян в скрещивание были привлечены формы с генами «le» и «af». Полученные генотипы имели видоизмененные листья и укороченные стебли. Использование этих генов в селекционном процессе позволило существенно увеличить генетическую изменчивость основных хозяйственно ценных признаков в гибридных популяциях гороха. В результате были созданы короткостебельные, безлисточковые сорта с признаком неосыпаемости семян – Питуличе, Молдавский усатый, Верде 1.

Основными факторами, ограничивающими технологичность сои и фасоли в 90-е годы, были: позднеспелость, полегаемость, индетерминантный тип роста стебля и невысокое прикрепление нижних бобов, что приводило к значительным потерям урожая (25-40%). Вовлечение в гибридизацию сортов различного географического происхождения способствовало устранению отрицательных признаков у сои: уменьшение высоты растений до 70-80 см, сокращение периода вегетации до 110-120 дней, увеличение высоты прикрепления нижних бобов – до 10-12 см. Такими признаками обладают сорта Доринца, Ликурич и Бельцкая 80.

В селекции фасоли использование источников хозяйственно ценных признаков позволило получить генотипы с полувьющимся типом роста и кустовой формы растений, а также незначительно увеличить высоту прикрепления первых бобов. Сорта Сперанца и Алуна, выведенные на этом этапе имели растения полувьющегося типа, кустовой формы с завивающейся верхушкой, более высокое прикрепление нижних бобов (до 13-18 см), а сорт Флоаре имел детерминантный тип роста стебля и отличался более высокой биологической пластичностью, поэтому он в меньшей степени реагировал на сложившиеся климатические изменения, демонстрируя наименьшую флюктуацию урожайности по годам.

Создание и внедрение новых более технологичных сортов зернобобовых культур в этот период способствовало увеличению их доли в структуре посевных площадей в республике до 12-15%.

В дальнейших селекционных исследованиях главное внимание было уделено повышению продуктивности, улучшению качества и устойчивости к болезням. Сорта, выведенные в 90-е годы, характеризовались высоким биологическим потенциалом урожайности и соответствовали главным параметрам модели сорта. К категории интенсивных сортов относились сорта гороха Алиса, Глория, Сандрина; сои – Колина, Индра, Аура; фасоли – Бельцкая 16, Хризантема.

В благоприятные годы эти сорта достигли максимального уровня урожайности – 3,8-4,5 т/га, сочетающейся с высоким содержанием белка и удовлетворительной толерантностью к основным болезням. Однако, начиная с 2000 годов в климате республики ощутилась тенденция к значительному потеплению и учащение катаклизм, что привело к существенному изменению агроклиматических условий возделывания полевых культур. Аридные условия температурного режима, сочетающиеся с дефицитом влагообеспеченности растений, стали причиной резкого снижения урожайности интенсивных сортов. Селекционные программы этого периода получили экологическое направление, предполагающие создание генотипов устойчивых к стрессовым условиям среды.

В ходе многочисленных наблюдений за гибридными популяциями, полученных от скрещивания отечественных сортов с образцами разного географического происхождения были выявлены идиотипы с более высокой степенью выносливости к засухе. Эти генотипы гороха характеризовались низкорослостью, за счет уменьшения количества междоузлий и их длины, а так же видоизмененными листьями, что повышало и технологичность их возделывания. На основе этих форм были созданы и районированы сорта последнего поколения Валекса, МЗ-7-06 и Надия с усатым типом листа, неосыпающимися семенами, с биологическим потенциалом в 4,0-4,5 т/га (табл.).

Благодаря успешному сотрудничеству и обмену генетическим материалом с ФНЦ зернобобовых и крупяных культур (г. Орел, Россия) был создан и передан на госиспытание в Госкомиссию республики с 2019 года новый совместный сорт гороха Грациана. Для этого сорта характерна высокая продуктивность зерна (4,0-4,5 т/га), высокое качество семян – 26-28% белка, устойчивость к полеганию и осыпанию семян, что позволяет проводить однофазную уборку и значительно сократить потери урожая.

Селекционные исследования последних лет по сое направлены на создание сортов с высокой степенью адаптивности к засухе. В результате изучения разнообразного исходного материала были выявлены источники с наименьшей реакцией на негативные воздействия климатических условий, что позволило определить селекционные критерии отбора для выведения адаптивных сортов. Одними из таких критериев являются: высокая степень опушенности растений; уменьшенная листовая площадь; расположение листа под острым углом по отношению к стеблю; укороченный черешок листа; уменьшенная ветвистость и другие.

Таблица

Характеристика продуктивности и качества сортов гороха, выведенных в НИИПК «Селекция» (2016-2018 гг.)

Сорта	Год районирования	Урожайность зерна, т/га	Содержание белка в зерне, %	Вегетационный период, дни
Кормовой 226	1959	1,6-2,6	26-28	95-113
Кормовой 24	1962	1,8-2,6	23-25	89-94
Авангард	1977	1,8-2,8	25-27	90-100
Огонек	1981	2,3-3,8	22-24	85-90
ВОМО-84	1989	2,2-3,5	23-24	78-85
Молд.усатый	1991	2,0-3,2	23-24	85-95
Верде-1	1995	2,2-3,6	22-24	75-82
Питуличе	1999	2,8-3,8	23-25	72-82
Омега	2000	3,2-3,9	23-26	77-85
Глория	2004	3,0-3,8	22-25	69-80
Алиса	2005	3,0-3,7	22-26	70-82
Валекса	2008	2,9-4,2	22-25	70-82
МЗ-7-16	2011	3,9-4,3	22-25	69-75
Надия	2016	4,0-4,5	22-24	69-76

Моделирование такой архитектоники растений дает возможность увеличить фотосинтетическую активность на весь вегетационный период, что в конечном итоге приводит к увеличению семенной продуктивности. Сорта сои, районированные в настоящее время, успешно сочетают некоторые вышеназванные признаки. Так, сорта Енигма, Молдовица и Игорина являются более скороспелыми, созревая за 100-110 дней, характеризуются узколистностью, менее ветвисты и имеют сильное опушение.

Результаты Государственного и производственного испытаний доказали их преимущество, выявляя более высокую их адаптивность к аридным условиям климата Молдовы, благодаря сохранению высокого уровня продуктивности (2,5-3,2 т/га) как в благоприятные, так и неблагоприятные годы.

Анализируя динамику продуктивности сортов сои был отмечен селекционный прогресс по скороспелости (от 150 до 90-100 дней), по семенной продуктивности (от 1,3 до 4,7 т/га), по качеству зерна (40-43% белка), по созданию новой архитектоники растений (рис.1).

Рис. 1. Селекционный прогресс урожайности сортов сои

На данном этапе исследования по селекции фасоли направлены на создание более скороспелых сортов с укороченными фазами органогенеза с целью несовпадения их развития с периодом наступления наиболее высоких температур, которые зачастую сочетаются с низкой влагообеспеченностью и в наибольшей степени компрометируют урожай семян.

Для этих целей основным принципом отбора родительских форм для скрещиваний, помимо высокой продуктивности, являются: раннеспелость, тип куста, детерминантный тип роста, мелколистность, устойчивость к болезням, вкусовые качества зерна.

Используя эти принципы, из гибридных популяций были отобраны генотипы, отвечающие критериям модели засухоустойчивости сорта. На их основе были созданы и районированы сорта: Гарофица, Марица и Петрела с длиной вегетационного периода 73-78 дней, кустовой формы растений с детерминантным типом роста, с потенциалом урожайности – 3,5-4,3 т/га. У этих сортов характер колебания уровня продуктивности в неблагоприятные годы менее выражен по сравнению со старыми сортами (рис. 2, 3).

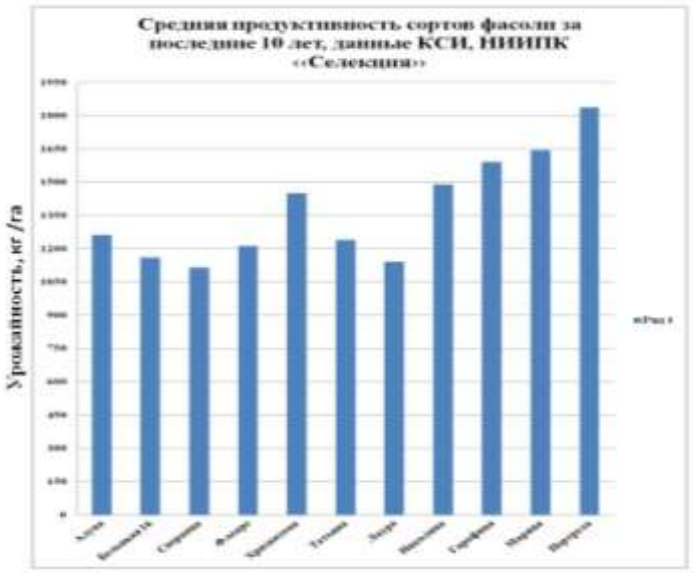


Рис. 2. Средняя продуктивность сортов фасоли

Это объясняется улучшенной экологической пластичностью, позволяющей уменьшить реакцию на стрессовые условия.

Рис. 3. Реакция сортов фасоли на засушливые изменения метеусловий

Выводы

1. Селекционные исследования по зернобобовым культурам в НИИПК «Селекция» направлены на создание сортов с высокой адаптивностью к аридным условиям и с высоким уровнем технологичности возделывания.

2. Исторический анализ результатов исследований за 75-летнюю деятельность института выявил значительный селекционный прогресс в создании новых сортов.

3. Видоизменение архитектоники растений позволило увеличить продуктивность сортов и уменьшить потери урожая при уборке.

4. Моделирование некоторых морфо-продуктивных признаков способствовало увеличению адаптивности сортов и уменьшению их реакции на стрессовые изменения климата.

BREEDING ACHIEVEMENTS IN CREATING NEW VARIETIES OF LEGUMINOUS CROPS IN THE SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF FIELD CROPS «SELEKCIYA» REPUBLICS MOLDOVA

SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF FIELD CROPS «SELEKCIYA»
REPUBLICS MOLDOVA
V.I. Voziyan, M.D. Yakobuca, L.P. Avedenij

***Abstract**: The article reflects stage-by-stage results of breeding research on leguminous crops at Scientific Research Institute of Field Crops for 75 years of scientific activity, with the reflection of significant progress in the creation of new, more adaptive and technological varieties.*

Keywords: selection, varieties, productivity, adaptability, drought.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11113
УДК 631.527/633.358

СОРТ ГОРОХА ПОСЕВНОГО КУЛОН И ЕГО МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

М.С. ШАКИРЗЯНОВА, Н.А. ШАГАЕВ
ФГБНУ «УЛЬЯНОВСКИЙ НИИСХ»

Работа по выведению нового сорта гороха Кулон была начата в 1999 г. В 2014-2016 г. на базе опытного поля ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ» проведено его конкурсное сортоиспытание. Почва опытного участка – чернозем выщелочнный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый, мощность гумусового горизонта 0,79 м, содержание гумуса (по Тюрину) 5,2-5,4 %, общего азота (по Къельдалю) – 0,26%, подвижных P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 195-214 и 115-119 мг/кг почвы соответственно. Реакция водной вытяжки верхнего горизонта составляет 7,0 ед. pH, вниз по профилю увеличивается до 8,1 ед. Климат области сухой, умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно холодной зимой. По условиям увлажнения характеризуется неравномерным распределением осадков как по периодам года, так и во время вегетационного периода. Оценку образцов, учеты и наблюдения проводили по Методике государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Содержание протеина определяли по Къельдалю, разваримость – методом А.В. Соснина. Для обработки результатов опытов использовали компьютерную программу «AGROS». Для нового сорта гороха усатого морфотипа Кулон характерны среднеспелость (период вегетации 67-78 дн.), устойчивость к полеганию, высокая продуктивность. Длина стебля растения составляет 50-65 см. По урожайности Кулон превышает стандартный сорт Указ на 0,26 т/га. Разваримость и вкусовые качества хорошие. Поражение основными вредителями плодожоркой и брухусом на уровне стандартного сорта. С 2019 года новый сорт гороха Кулон внесен в Государственный реестр селекционных достижений по 4 – Волго-Вятскому, 5 – Центрально-Черноземному, 7 – Средневолжскому, 9 – Уральскому регионам РФ.

Ключевые слова: сорт, горох, урожайность, продуктивность, государственное сортоиспытание.

Горох – одна из основных зернобобовых культур в России. Благоприятное сочетание хозяйственно – полезных и адаптивных свойств: высокое содержание белка в зерне и зеленой массе, скороспелость, приспособленность к произрастанию в различных почвенно-климатических условиях – обеспечивают гороху статус основного поставщика растительного белка в стране, а биологическая способность к фиксации атмосферного азота позволяет отнести горох к культурам, улучшающим почвенное плодородие и служащим прекрасным предшественником в зерновых севооборотах [1].

Доля гороха в посевах зернобобовых культур достигает 82 % и более, это связано с тем, что он обладает высокими пищевыми и кормовыми достоинствами. Основные посевные площади находятся в Центрально-Черноземной и Нечерноземной зонах, в лесостепи Поволжья, на Урале и Кавказе, Волго-Вятском и Восточно-Сибирском регионах [2, 3].

В условиях современного сельского хозяйства, одним из важных факторов, способствующих увеличению производства зерна, является создание и быстрое внедрение в производство новых сортов, обладающих высокой пластичностью, хорошим качеством, устойчивостью к основным болезням, пригодных для различных технологий возделывания [4].

Целью исследований в селекционной работе с горохом является создание высокоурожайных сортов зернового направления, устойчивых к полеганию, болезням и вредителям, с хорошими вкусовыми качествами.

Условия, материалы и методы

Для достижения поставленной цели из местной коллекции гороха в качестве родительских компонентов будущего сорта были подобраны сорта Казанец (Татарский НИИСХ) – среднеспелый, безлисточковый, неосыпающийся, включен в Госреестр РФ по 3, 7 регионам и Флагман 7 (Самарский НИИСХ) – среднеспелый, детерминантный, безлисточковый, включен в Госреестр по 7 региону. В 1999 г. провели их гибридизацию и в 2003 г. из этой гибридной комбинации выделили элитное растение. После были выполнены исследования в малых станционных питомниках по устойчивости к полеганию, осыпанию, вредителям и болезням. Выделенную перспективную линию 526/09 изучали по комплексу признаков в предварительном (ПСИ) и конкурсном (КСИ) сортоиспытаниях (табл. 1).

Таблица 1

Создание сорта гороха Кулон

Год	Поколение	Этап	Питомник
1999	F_0	скрещивание 526/09 (Казанец× Флагман 7)	гибридизации
2000	F_1	ручной посев, размножение	гибридный
2001	F_2	размножение и изучение	гибридный
2002	F_3	размножение, изучение, отбор	гибридный
2003	F_5	выделение элитного растения	СП-1 год
2004-2005	$F_{6, 7}$	изучение по устойчивости к полеганию, к осыпанию	СП- 2 года, КП
2006-2011	F_{8-11}	изучение по устойчивости к полеганию, к осыпанию, вредителям и болезням, урожайности, качеству зерна (масса 1000 зерен, протеин, разваримость)	годы малого станционного изучения КП, ПСИ
2012-2016	F_{12-16}	изучение по устойчивости к полеганию, к осыпанию, вредителям и болезням, урожайности, качеству зерна (масса 1000 зерен, протеин, разваримость), передача на ГСИ	КСИ

В питомниках осуществляли улучшающий селекционный отбор – удаление нетипичных по морфологическим признакам (высота, окраска, форма листа и другим) и периоду вегетации растений, что позволило создать выровненный высокопродуктивный, устойчивый к полеганию и осыпанию сорт.

В 2010 году из контрольного питомника образец Ул- 526/09 был направлен для совместной работы по программе «Экада-2». В 2016 году по результатам исследований была передана на государственное сортоиспытание совместная с ЗАО «Агрокомплексом «Кургансемена» линия 526/09 под названием Кулон.

В 2014-2016 гг. проводили исследования в питомнике конкурсного сортоиспытания на базе опытного поля ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ».

Почва опытного участка – чернозем выщелочнный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый, мощность гумусового горизонта 0,79 м, содержание гумуса (по Тюрину) 5,2-5,4%, общего азота (по Къельдалю) – 0,26%, подвижных P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 195-214 и 115-119 мг/кг почвы соответственно. Реакция водной вытяжки верхнего горизонта составляет 7,0 ед. pH, вниз по профилю увеличивается до 8,1 ед. [5].

Климат области сухой, умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно холодной зимой. По условиям увлажнения характеризуется неравномерным распределением осадков, как по периодам года, так и во время вегетационного периода.

Оценку образцов, учеты и наблюдения проводили по Методике государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [6]. Содержание протеина определяли по Къельдалю [7], разваримость – методом А.В. Соснина [8]. Для обработки результатов опытов используется компьютерная селекционно-ориентированная программа «AGROS».

Результаты и обсуждение

Линия 526/09 (Кулон) создана методом индивидуального отбора из гибридной комбинации Казанец × Флагман 7. Сорт гороха Кулон – растения обычного типа роста, полукарликовые – средняя высота 50-65 см. Лист усатого типа. Семена осыпающиеся, гладкие, желто-серые. Масса 1000 зерен 250-280 г., относится к среднесеменным сортам. Содержание протеина 23-26%, разваримость составляет 90-120 мин. Среднеспелый, вегетационный период составляет 67-78 дней [9]. За годы испытания в питомнике конкурсного сортоиспытания Кулон превысил по урожайности стандартный сорт Указ на 0,26 т/га. По содержанию сырого протеина был на уровне стандарта (табл. 2).

Таблица 2

Основные параметры сорта Кулон в сравнении со стандартом

Хозяйственные и биологические свойства										
Показатели	Ед. измер.	Кулон				Указ				Отклонение от Акс.ус.
		2014	2015	2016	средн	2014	2015	2016	средн	
Урожай зерна	т/га	0,64	2,11	2,48	1,74	0,31	1,81	2,32	1,48	+0,26
Отклон. от Указ	т/га	0,33	0,30	0,16	0,26					
$НСР_{05}$	т/га	0,18	0,14	0,08	0,13					
Масса 1000 зерен	г	294,5	283,6	212,8	263,6	252	247,8	221,4	240,4	+23,2
Содерж. протеина	%	26,5	26,3	23,2	25,3	26,2	25,4	24,6	24,7	+0,6
Развар-ть	мин	126	123	120	123	131	122	116	125	-2,0
Вегет. период	дней	78	67	76	74	77	71	80	76	-2
Вкусовые качества	балл	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0
Уст-сть к полеганию	балл	4,5	4,7	3,5	4,2	4,0	4,3	2,0	3,4	+0,8
Приг-ть к мех. уборке	балл	5	5	4	4,7	4	4	2	3,3	+1,4

Сорт зернового направления на продовольственные и зернофуражные цели. Сорт среднеспелый, высокопродуктивный, устойчив к полеганию, имеет высокое содержание протеина в семенах, хорошо пригоден к механизированной уборке [10]. В 2017-2018 гг. сорт Кулон проходил испытание в четырех регионах РФ (4 – Волго-Вятский, 5 – Центрально-черноземный, 7 – Средневолжский, 9 – Уральский). В среднем за два года сорт дал достоверную прибавку по урожаю в 12 республиках и областях (табл. 3).

Таблица 3

Результаты государственного испытания сорта гороха Кулон (2017-2018 гг.)

Республика, область, край	Урожайность, т/га		Отклонение от стандарта, т/га	НСР, т/га
	сорта	стандарта		
Марий Эл	2,73	2,49	0,24	0,18
Нижегородская	1,76	1,47	0,29	0,16
Пермский	1,39	1,10	0,29	0,12
Белгородская	2,59	2,33	0,26	0,20
Воронежская	3,88	3,48	0,40	0,33
Орловская	2,49	2,20	0,28	0,20
Тамбовская	3,02	1,93	1,09	0,15
Мордовия	2,11	1,98	0,12	0,10
Пензенская	1,81	1,23	0,58	0,18
Самарская	2,05	1,76	0,30	0,13
Татарстан	2,80	2,61	0,19	0,13
Оренбургская	1,11	0,94	0,17	0,08

Максимальная урожайность у сорта Кулон за годы государственного сортоиспытания составила 5,41 т/га и была получена на Борисоглебском ГСУ Воронежской области. Наибольшие прибавки над стандартными сортами были получены в 2017 году на Тамбовской ГСИС Тамбовской области + 1,71 т/га, на Бековском ГСУ Пензенской области + 1,28 т/га, на Алексеевском ГСУ Белгородской области + 1,18 т/га.

Выводы

По результатам государственного сортоиспытания сорт гороха Кулон с 2019 года внесен в Государственный реестр селекционных достижений по 4, 5, 7, 9 регионам РФ, рекомендован к возделыванию в десяти областях, республиках и краях – в Республике Марий Эл, в Пермском крае, в Нижегородской, Воронежской, Орловской, Тамбовской, Пензенской, Самарской, Ульяновской, Оренбургской областях [11].

Литература

1. Гончаров С.В., Титаренко А.В., Коробова Н.А. Некоторые аспекты селекционных программ по гороху посевному // Зерновое хозяйство России. – № 3, – 2015. – С. 10-14.
2. Дебелый Г.А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации// Зернобобовые и крупяные культуры. – Орел – 2012. – № 2. – С. 31-35
3. Зотиков В.И. Роль зернобобовых культур в решении проблемы кормового белка и основные направления по увеличению их производства / Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур// Орел.-2004. – С. 256-260.
4. Захаров В.Г., Яковлева О.Д. Биологические особенности сорта яровой мягкой пшеницы Ульяновская 105. Научно-практический журнал. Агромир Поволжья. – № 2 (26) июнь 2017. – С. 7-11.
5. Никитин С.Н. Эффективность применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Ульяновск, – 2015. – 418 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: – Колос, – 1971. – 239 с.
7. Межгосударственный стандарт// Зерно и продукты его переработки/ Метод определения белка. ГОСТ 10846 – 91. - Москва. Стандартинформ. - 2009 г. URL: http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_10846-91 (дата обращения 30.05.2017 г.)
8. Прибор для определения разваримости зерновых бобовых культур// Экология справочник/ Определение разваримости зерна зерновых и бобовых культур методом учета разваримости каждого зерна. URL: http://ru-ecology.info/pics/203653101520006/ (дата обращения 30.05.2017 г.)
9. Шакирзянова М.С., Шагаев Н.А. Основные параметры сорта гороха Кулон // Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в адаптивно-ландшафтной системе земледелия: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию противоэрозионного комплекса ФГУП «Новоникулинское». – Ульяновск, – 2018. – С. 159-163.
10. Шакирзянова М.С. Новые и перспективные сорта гороха селекции Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства// Зернобобовые и крупяные культуры. –2018. – № 1 (25). – С. 22-27.
11. ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений». Официальный сайт. URL: http://www.gossort.com/docs/rus/REESTR2015.pdf (дата обращения 07.06.2019 г.)

FIELD PEA VARIETY KULON AND ITS MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS

M.S. Shakirzyanova, N.A. Shagaev
FSBSI «ULYANOVSK RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE»

Abstract: *Work on the development of a new variety of peas Kulon was started in 1999. In 2014-2016, on the basis of the experimental field of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Ulyanovsk Research Institute of Agriculture», its competitive variety test was conducted. The soil of the experimental plot is leached chernozem, medium humus, medium heavy, heavy loamy, thickness of the humus horizon 0,79 m, humus content (according to Tyurin) 5,2-5,4 %, total nitrogen (according to Kjeldahl)– 0,26%, mobile P_2O_5 and K_2O (according to Chirikov) – 195-214 and 115-119 mg/kg of soil, respectively. The reaction of an aqueous extract of the upper horizon is 7.0 units. pH, down the profile increases to 8.1 units. The climate of the region is dry, moderately continental with warm summers and moderately cold winters. According to humidification conditions, it is characterized by an uneven distribution of precipitation both over the periods of the year and during the growing season. Samples were evaluated, counted and observed according to the Methodology of the State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops. The protein content was determined by Kjeldahl, digestibility – by A.V. Sosnin. To process*

the results of the experiments, the computer program «AGROS» was used. For new leafless morphotype pea variety Kulon mid-ripeness (vegetation period 67-78 days), lodging resistance, high productivity are characteristic. The length of the stem of the plant is 50-65 cm. In terms of yield, Kulon exceeds the standard Ukaz variety by 0.26 t / ha. Digestibility and taste are good. The defeat by the main pests the moth and bruchus are at the level of the standard variety. Since 2019, a new variety of peas Kulon has been included in the state register of selection achievements for 4- Volga-Vyatka, 5- Central Black Soil, 7- Middle Volga, 9- Ural regions of the Russian Federation.

Keywords: variety, peas, productivity, productivity, state variety testing.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11114
УДК 632.938.1:358

КОРНЕВЫЕ ГНИЛИ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.П. ГРАДОБОЕВА, кандидат биологических наук
ФАЛЕНСКАЯ СЕЛЕКЦИОННАЯ СТАНЦИЯ – ФИЛИАЛ ФГБНУ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА
ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО»

Корневые гнили – одно из самых вредоносных и распространенных заболеваний гороха в Российской Федерации. В Кировской области преобладает фузариозная корневая гниль, возбудителем которой являются грибы рода Fusarium spp., L. Среди них доминировали F. oxysporum (Schlecht.) var. pisi (Hall) (с частотой встречаемости 34,3%), F. culmorum (W. G. Sm.) Sacc. (13,3%), F. avenaceum (Fr.) Sacc. (12,4%). Идентифицированы и другие патогены, вызывающие корневые гнили, среди которых чаще отмечаются Aphanomyces euteiches Drechs. (12,4%), Pithyum ultimum Hesse (8,6%), Rhizoctonia solani Kuchn. (3,8%). Изоляты F.oxysporum, F.solani, F.culmorum проявили наибольшую патогенность к гороху при всех методах оценки. При этом, различные штаммы этих грибов проявили разную степень агрессивности, что необходимо учитывать при создании искусственного инфекционного фона. Результаты скрининга генотипов на инфекционном фоне свидетельсвуют об их высокой поражаемости. Отмечены лишь различия в степени поражения растений. Высокоустойчивых и устойчивых сортов к корневым гнилям не обнаружено. Генотип местной селекции Е-561 поражался в средней степени, развитие болезни у которого не превышало 40,0%. Генотипы 90-21-31 (Россия, Орловская область), L-13-25 (Швеция), Е-4035, Е-1972, Е-4152 (Россия, Кировская область) характеризовались восприимчивостью к фузариозным корневым гнилям. Однако развитие болезни на этих сортах было значительно ниже, чем на других изученных сортах, таких как Lasma (Латвия). На сорте 90-21-31 развитие болезни составляло 25,0-47,6%, на L-13-25 – 34,0-54,5%, Е-4035 – 38,5-51,5%, Е-1972 – 42,6-57,4%, Е-4152 – 43,1-52,9%, Lasma – 69,4-90,6%.

***Ключевые слова*:** горох, корневые гнили, фузариоз, возбудители болезни, патогенность, устойчивость.

Корневые гнили распространены практически во всех регионах Российской Федерации и других странах [1, 2, 3, 4, 5]. Корневые гнили могут появляться на растениях на протяжении всей вегетации: в фазе всходов в виде поражения зародышевых корней и проростков семян (загнивание), на молодых и взрослых растениях. Потери урожая от данного заболевания могут составлять 30-50 % и более. Показатель вредоносности корневых гнилей – до 25% [6]. Инфицированная патогенными микроорганизмами почва, растения, семена несут реальную угрозу здоровью человека и животных, вызывая фузариотоксикозы, аллергию, дерматиты, снижение иммунитета и т.д. [7, 8].

Болезнь корневой системы и прикорневой части стеблей растений может быть вызвана одним видом или комплексом паразитных грибов. В зависимости от возбудителя различают

следующие типы корневых гнилей: фузариозная, афаномицетная, ризоктониозная, питиевая и прикорневая аскохитозная. Практически все виды корневых гнилей могут встречаться во всех районах возделывания. В большинстве регионов преобладает фузариозная корневая гниль. Часто также встречается афаномицетная корневая гниль.

Одним из первых симптомов заболевания гороха фузариозной корневой гнилью является пожелтение нижних листьев, которое довольно быстро распространяется на всё растение. У больных растений нередко загнивает колеоптиль, иногда гниль распространяется на соседние участки главного корня, разрушается кора основания стебля, стержневого и боковых корней. Иногда после отмирания стебля гороха ниже места поражения отрастает и дополнительный стебель. Однако в дальнейшем он отстает от здоровых растений в развитии и продуктивности. При отмирании стержневого корня выше пораженного участка нередко образуется большое количество тонких боковых корешков, в результате чего корень приобретает мочковидную форму. Нередко возбудитель болезни проникает в сосудистую систему растений, тогда болезнь развивается по типу трахеомикозного увядания

При поражении афаномицетной корневой гнилью коровая ткань корней и прикорневой части стебля размягчаются, становятся водянистыми и размочаливаются. На тяжелых уплотненных почвах, особенно во влажные годы, развитие афаномицетной корневой гнили усиливается. В таких условиях отрицательное воздействие на растения дополнительно оказывают и абиотические факторы. При таком воздействии происходит изреживание посевов гороха и ведет к большим потерям урожая.

Возбудители ризоктониозной и питиевой корневой гнили чаще всего поражают зародышевые и боковые корешки. Грибы рода *Ascochyta spp.* вызывают загнивание ткани в месте прикрепления семени. При сильном поражении проростки гороха могут погибать.

В системе мероприятий по защите гороха от болезней важное место отводится устойчивым и технологичным сортам. Замена восприимчивых сортов новыми устойчивыми является наиболее доступным экономически и экологически оправданным способом защиты гороха от болезней [9]. Однако ассортимент устойчивых к болезням сортов гороха очень низок [10]. Целесообразно проводить оценку и отбор устойчивых генотипов на искусственных инфекционных фонах возбудителей. Инфекционный фон является той средой, где в полной мере проявляются защитные свойства того или иного генотипа. Создание инфекционного фона осуществляется различными способами: с учетом цикла развития, образа жизни, биологических особенностей, типа паразитизма возбудителя и его патогенности.

Цель наших исследований – определить возбудителей корневых гнилей гороха, их патогенность и провести скрининг генотипов на устойчивость к наиболее опасным патогенам.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены на Фалёнской селекционной станции в 2011…2018 гг. Метеорологические условия в годы исследований носили разнообразный характер – от засушливых до достаточно увлажненных. Материалом для изучения являлись 240 сортов и сортообразцов гороха отечественной и зарубежной селекции. В качестве исходного материала для определения видов возбудителей корневой гнили использовали популяции патогенов, собранных в Фаленском, Куменском, Малмыжском, Уржумском и Слободском районах Кировской области, которые затем использовали при создании инфекционных фонов. Грибы выделяли с корней, прикорневой части стебля и почвенных образцов. Почвенные образцы отбирали в 5-10 местах поля (на глубине 3-15 см) массой 2-3 кг, которые использовали для выращивания растений гороха при температуре 20-24°С и влажности почвы 60-80% от полной влагоемкости. Спустя 12-17 дней после посева семян сорта Pea Early Green пораженные растения осторожно выкапывали из почвы. Их корни в течение 30-40 мин тщательно промывали в текучей водопроводной воде и разрезали на мелкие кусочки размером до 2 мм, стерилизовали в 0,5%-ном растворе гипохлорита кальция и из пораженных тканей корней выделяли гриб на водном 2%-м агаре. Через 2-3 дня кусочки

агара с концами гиф гриба *A. eusteiches* переносили для пересева в чашки Петри или пробирки с овсяной средой. Часто вместе с грибом *A. eusteiches* развивались грибы рода *Fusarium spp*. Фузариозные грибы переносили на картофельно-глюкозный агар для клонирования и определения видов. При идентификации грибов использовали общеизвестные и доступные определители и справочники (Билай В.И., 1977; Пидопличко Н.М., 1977; Литвинов М.М., 1969).

Патогенность различных штаммов грибов рода *Fusarium spp*. изучали в лабораторных условиях способом внесения инокулюма в стерильную почву и использованием неотфильтрованной культуральной жидкости отдельных штаммов патогенов или их смеси.

Инфекционные фоны создавали на отдельных участках, изолированных от других посевов лесополосой и дорогой. В качестве инокулюма для создания инфекционного фона на устойчивость к фузариозной корневой гнили использовали изоляты грибов различных видов рода Fusarium, размноженные на стерилизованных зернах овса, которые вносили в почву перед посевом семян.

Иммунологическую оценку сортов проводили согласно «Методы ускоренной оценки селекционного материала гороха на инфекционных и провокационных фонах» [11] с учетом местных условий. Пораженность гороха корневыми гнилями определяли в фазах всходов и цветения – начало созревания. Поражаемость корней гнилью определяли согласно шкале:

0 – здоровое растение, отсутствие внешних признаков поражения корней;

1 – слегка обесцвеченные отдельные бурые или водянистые желтые пятна, занимающие до 25% поверхности корня;

2 – буро-коричневые или водянисто-желтые сливающиеся пятна, занимающие до 50% поверхности корней;

3 – гниль занимает большую часть корня, растения низкорослые и угнетенные;

4 – сплошное поражение, ткани корня разрушаются, боковые корни отмирают, растения низкорослые, с сильно сниженной продуктивностью или гибель.

Степень развития болезни вычисляли по общепринятой формуле

$$R = \frac{\sum (a \cdot b) \cdot 100}{N \cdot k}$$

где, R – процент развития болезни

(ab) – сумма произведения количества растений на соответствующий балл поражения

N – общее количество учтенных растений или отдельных органов

k – высший балл шкалы учета (4)

Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову (1985) с использованием компьютерной программы Agros 2.07.

Результаты исследований

Видовой и расовый состав возбудителей болезней не постоянен и сильно варьирует в зависимости от климатических условий и сортовых особенностей. Поэтому селекция на иммунитет предполагает периодическое уточнение видового и расового состава возбудителей болезней.

При фитопатологическом обследовании посевов гороха обнаружен комплекс патогенов, вызывающий фузариозную корневую гниль, среди них превалировали *F. oxysporum (Schlecht.) var. pisi (Hall)* с частотой встречаемости 34,3%, *F. culmorum (W. G. Sm.) Sacc.* (13,3%), *F. avenaceum (Fr.) Sacc.* (12,4%). Реже встречались *F. heterosporum Nees.* (4,8%) *F. sporotrichioides Sherb.*(3,8%), *F. solani* (*Mart) App.*(2,9 %) *F. moniliforme* Sheld. (1,9%), *F. semitectum Berk. et Rav.* (1,9%). Идентифицированы и другие патогены, вызывающие корневые гнили – Aphanomyces *euteiches Drechs.* (12,4%), *Pithyum ultimum Hesse* (8,6%), *Rhizoctonia solani Kuchn.* (3,8%) и др.

A. euteiches встречается в более ранний период развития растений. Болезнь распространена на небольших площадях. При недостаточном увлажнении почвы развитие

гриба замедляется. Для него характерно очажное распространение в Кировской области. На пораженных растениях афаномицетной корневой гнилью в дальнейшем обычно развивается фузариоз. Реже встречаются *Pithyum ultimum Hesse* и *Rhizoctnia solani Kuchn*. Часто корневая гниль представляет собой смешанную инфекцию, локализующуюся в ризосфере растения. При микологическом анализе на корнях гороха были обнаружены также сапрофитные грибы *Alternaria, Penicillium, Aspergillus.*

Видовой состав патогенного комплекса возбудителей корневой гнили был неоднозначным в разных агроклиматических зонах области. В северной зоне (Слободской район) превалировал *F. oxysporum* и *F. heterosporum*, а в южной (Малмыжский и Уржумский районы) – *F. culmorum* и *F.oxysporum*. В центральной зоне чаще других выделялись *F. oxysporum* и *F. avenaceum*, за ними (в убывающей степени) следовали *F.culmorum* и *F. moniliforme*. Наиболее широкий спектр возбудителей отмечен в Фаленском районе центральной зоны. Хотя Фаленский и Куменский районы расположены в одной агроклиматической зоне, частота встречаемости и спектр видов рода *Fusarium spp.* различен. Так в Куменском районе превалировали *F. oxysporum* и *F. moniliforme.* Очень редко встречался *F. avenaceum*. Не обнаружены *F. solani* и *F. heterosporum*. Такое различие отмечено и в южной агроклиматической зоне области. Это можно объяснить тем, что в этих районах разный рельеф местности, где создается свой микроклимат.

На Фаленской селекционной станции возделывается большое количество сортов, в том числе восприимчивых, поэтому видовой спектр патогенов более широк.

Присутствие гриба на растении еще не может служить основанием для отнесения его к патогенам. Нельзя считать все выделенные грибы рода *Fusarium spp.* причиной заболевания растений без экспериментальной проверки их патогенных свойств.

Патогенность возбудителей фузариозной корневой гнили нами изучалась в лабораторных и полевых условиях. Все грибы, внесенные в стерильную почву в лабораторных условиях, вызывали поражение проростков гороха (табл. 1).

Наиболее патогенными оказались *F. oxysporum* и *F. solani*. Количество пораженных растений при внесении этих изолятов составляло 90,0-100,0%, а разница в развитии болезни по сравнению с контролем в была 62,3 и 70,0%.

Таблица 1

Патогенное воздействие грибов рода *Fusarium spp.* на проростки гороха (сорт Pea Early Green) при внесении в стерильную почву

Виды грибов	Распространение болезни, %	Развитие болезни, %	Погибших растений, %	Длина корня, см	Длина стебля, см
F. oxysporum	96,7	67,8	38,4	6,9	25,1
F. culmorum.	54,4	43,9	31,0	8,2	27,0
F. avenaceum	38,7	24,5	13,1	8,3	28,2
F. sporotrichioides	95,6	65,3	25,8	7,1	25,9
F. heterosporum	42,9	33,8	19,4	10,2	28,2
F. solani	97,6	68,2	41,3	7,2	24,6
F. moniliforme	26,6	22,2	9,5	11,4	29,0
F. semitectum.	38,0	36,2	26,1	8,8	27,4
Без внесения инфекции	2,2	1,5	0	12,1	33,1
$НСР_{05}$	15,6	8,6	4,3	2,2	2,8

Заражение почвы культурами этих грибов обусловило значительное угнетение проростков гороха. Так, заражение растений гороха изолятами *F. oxysporum* приводило к уменьшению длины стебля на 6,4…11,1 см., корня – 5,3…6,5 см. *F. solani* – стебля – на 7,1…9,1 см, корня – на 4,6…6,0 см. Патогенность остальных изучаемых грибов была гораздо ниже. При внесении в почву изолятов *F. culmorum* была отмечена также высокая гибель проростков – от 30,1 до 32,8%, что также свидетельствует о высокой патогенности этого гриба.

При помещении проростков гороха в неотфильтрованную культуральную жидкость

изолятов *F. oxysporum* и *F. solani* мы наблюдали полное увядание проростков на 5-е сутки. Эти изоляты считали патогенными. Увядание проростков в контроле 1 со средой Чапека наблюдалось на 6-е сутки и 10-е сутки, количество увядших растений составляло соответственно 1,2 и 4,5%. В контроле 2 с дистиллированной водой – на 10-е сутки – 2,1% (табл. 2).

Таблица 2

Патогенное воздействие неотфильтрованной культуральной жидкости различных видов рода *Fusarium spp.* на проростки гороха (сорт Pea Early Green)

	Количество увядших проростков, %		
	на 3-е сутки	на 5-е сутки	на 10-е сутки
F.oxysporum	31,1 ± 6,0	100,0 ± 0,0	-
F. solani	42,0 ± 6,4	100,0 ± 0,0	-
F. moniliforme	16,7 ± 4,8	66,7 ± 6,1	100,0 ± 0,0
F.heterosporum	20,0 ± 5,2	46,7 ± 6,4	95,6 ± 2,6
F. semitectum	8,9 ± 1,2	11,1 ± 4,1	84,4 + 4,9
F. culmorum	17,8 ± 4,9	53,3 ± 6,4	100,0 ± 0,0
F. avenaceum	8,9 ± 1,2	68,9 ± 6,0	100,0 ± 0,0
Контроль 1 (среда Чапека)	0	1,2 ± 0,9	4,5 ± 2,7
Контроль 2 (дистиллированная вода)	0	0	2,1 ± 1,2

У *F. semitectum, F. moniliforme* и *F. avenaceum* была выявлена разная степень патогенности при выращивании растений в почве и погружении в жидкую культуру грибов. В неотфильтрованной культуральной жидкости *F. semitectum* проявил слабую патогенность. На 5-е сутки увядших растений было всего лишь 11,1%, на 10-е – 84,4%. При внесении инокулюма в почву развитие болезни достигало 30,5%. Наиболее патогенные свойства в неотфильтрованной культуральной жидкости и менее выраженные – при внесении в почву были отмечены у *F. moniliforme* и *F. avenaceum.* При внесении в жидкую среду число увядших растений на 5-е сутки достигало 66,7 и 68,9%, на 10-е сутки наблюдалась полная гибель проростков. При внесении в почву данных патогенов развитие болезни гороха составляло 15,0% и 23,3% соответственно. Изменение патогенности (от сильной до слабой), наблюдаемое у *F. moniliforme* и *F. avenaceum* в неотфильтрованной культуральной жидкости и при выращивании растений в почве, можно отнести за счет адсорбирующих свойств почвы.

Представляет интерес взаимодействие патогенов при инокуляции почвы смешанной инфекцией грибов рода *Fusarium spp*. Ввиду того, что при создании инфекционных фонов, мы используем смешанную инфекцию, состоящую из различных видов рода *Fusarium spp.*, нами определялась патогенность отдельных видов и смешанной инфекции в лабораторных и полевых условиях. В том и в другом случае, более интенсивное развитие болезни было отмечено при совместном внесении в почву *F. oxysporum* (изолят 30) и *F. solani* (изолят 2) по сравнению с внесением отдельных компонентов смеси (табл. 3).

Таблица 3

Влияние смешанной инфекции на поражаемость гороха фузариозом

Патоген	Изолят	Развитие болезни на различных сортах, %					
		Pea Early Green		Ирландец		Верхолузская	
		поле	лаборат	поле	лаборат.	поле	лаборат.
F. oxysporum	30	51,1	29,2	23,8	27,9	31,6	29,1
F. solani	2	47,7	37,2	39,6	30,6	41,9	23,9
Среднее	-	49,4	33,2	31,7	29,3	36,7	26,5
F. oxysporum+ *F. solani*	30 + 2	63,8	54,2	53,4	32,9	41,0	40,6
F. oxysporum	28	-	31,1	-	24,1	-	37,3
F. solani	6	-	55,2	-	30,9	-	22,5
Среднее	-	-	43,2	-	27,5	-	29,9
F. oxysporum+ *F. solani*	28 + 6	-	38,5	-	29,3	-	28,5

Так, при внесении смеси развитие болезни на сорте Pea Early Green было выше на 19,3 и 14,4%, чем при внесении отдельных изолятов. На относительно устойчивом к корневой гнили сорте Ирландец в лабораторных условиях различие было несущественным. Однако в полевых условиях при внесении смеси поражение было также значительно выше, чем при внесении отдельных компонентов смеси.

При внесении в почву смешанной инфекции, состоящей из этих же видов, но других изолятов (изолят 6 и изолят 28), патогенность оставалась на уровне компонентов смеси или уменьшалась. При совместном внесении *F. solani* и *F. culmorum, F. oxysporum* и *F. culmorum* наблюдалось несущественное увеличение поражения. При других сочетаниях видов колебания в сторону уменьшения или увеличения также были несущественными. По результатам данных можно сделать вывод, что патогенность смешанной инфекции зависит не только от сочетания видов рода *Fusarium spp.*, но и от их штаммового разнообразия.

Таким образом, изоляты грибов *F. oxysporum, F. solani, F. culmorum* проявили высокие патогенные свойства при всех применяемых способах оценки. Грибы этих видов вызывают интенсивное развитие корневой гнили, что приводит к значительному угнетению растений гороха. При изучении патогенности грибов рода *Fusarium spp*. наиболее удачными являются методы, заключающиеся в заражении стерильной почвы культурой гриба. Этот метод можно использовать для предварительной оценки исходного и селекционного материала (коэффициент корреляции между полевым и лабораторным методом 0,68).

Проверяя изоляты в неотфильтрованной культуральной жидкости, мы пришли к заключению, что в этом случае необходимо учитывать степень увядания и поражения растений, так как некоторые растения полностью увядают или засыхают, у других растений увядают или засыхают только нижние листья или листья среднего яруса и так далее.

При определении патогенности отдельных видов рода *Fusarium spp.* и создании инфекционного фона для оценки гороха на устойчивость к фузариозной корневой гнили следует учесть не только видовой состав смешанной инфекции, но и взаимодействие этих видов и их штаммовое разнообразие.

Полученные многолетние данные оценки различных генотипов гороха на инфекционном фоне свидетельствуют об их высокой поражаемости. Отмечены лишь различия в степени поражения растений. Такие показатели устойчивости, как распространение болезни, развитие болезни на сорте и гибель растений варьировали по годам. Распространение болезни было стабильно высоким во все годы исследования на всех сортах. Коэффициент вариации этого признака у различных сортов не превышал 13%. Менее стабильным было количество погибших растений. У таких сортов как, Верхолузская (Республика Коми) и Е-3588, гибель растений от болезни варьировала по годам от 0 до 34,0%. Высокоустойчивых и устойчивых сортов к корневым гнилям не обнаружено. Средняя устойчивость выявлена только у генотипа местной селекции Е-561, развитие болезни у которого не превышало 40,0% (табл. 4). Количество погибших растений у него варьировало от 0 до 18,8%, распространение болезни – от 70,0 до 100,0%.

Таблица 4

Устойчивостьсортов гороха к фузариозной корневой гнили, 2011-2018 гг.

Сорт	Распространение болезни, %	Развитие болезни, %	Погибших растений, %
Е-561	87,5 ± 4,6	38,3 ± 2,0	10,2 ± 4,6
90-21-31	98,5 ± 1,4	42,0 ± 4,6	11,9 ± 7,1
L-13-25	100 ± 0,0	44,2 ± 7,1	20,8 ± 7,3
Е-4035	99,0 ± 1,0	47,5 ± 3,3	9,8 ± 3,2
Е-3668	97,9 ± 1,2	48,7 ± 8,0	9,5 ± 6,4
Е-1972	96,9 ± 1,5	48,1 ± 3,2	9,1 ± 3,2
Л-26253	96,2 ± 2,4	49,7 ± 7,0	0,0 ± 0,0
Е-4152	100 ± 0,0	49,8 ± 2,4	8,2 ± 3,8
Lasma (индикатор)	100 ± 0,0	77,3 ± 2,8	20,4 ± 8,0

Сорта 90-21-31 (Россия, Орловская область), L-13-25 (Швеция), Е-4035, Е-1972, Е-4152 (Россия, Кировская область) характеризовались восприимчивостью к фузариозным корневым гнилям. Однако развитие болезни на этих сортах было значительно ниже, чем на других изученных сортах и сорте Lasma (Латвия), используемого в качестве индикатора. На сорте 90-21-31 развитие болезни составляло 25,0-47,6%, на L-13-25 – 34,0-54,5%, Е-4035 – 38,5-51,5%, Е-1972 – 42,6-57,4%, Е-4152 – 43,1-52,9%. У сортообразца Л-26253 (Башкирия) при среднем развитии болезни 49,7% во все годы исследований гибели растений от поражения корневыми гнилями не наблюдали.

Заключение

В результате исследований выявлено, что в Кировской области преобладает фузариозная корневая гниль, основными возбудителями которой являются *F. oxysporum (Schlecht.) var. pisi (Hall), F. culmorum (W. G. Sm.) Sacc., F. avenaceum (Fr.) Sacc.* Изоляты *F.oxysporum, F.solani, F.culmorum* проявили наибольшую патогенность к гороху при всех методах оценки. При этом, различные штаммы этих грибов проявили разную степень агрессивности. При создании искусственного инфекционного фона для оценки гороха на устойчивость к фузариозным корневым гнилям возможно использовать смесь изолятов разных видов рода Fusarium с учетом их взаимовлияния и штаммового разнообразия.

Полученные многолетние данные оценки различных генотипов гороха на устойчивость к фузариозным корневым гнилям на инфекционном фоне свидетельствуют об их высокой поражаемости. Из группы сортов, характеризующихся восприимчивостью к болезни, в меньшей степени поразились генотипы 90-21-31 (Россия, Орловская область), L-13-25 (Швеция), Е-4035, Е-1972, Е-4152 (Россия, Кировская область). У сорта Е-561 отмечена средняя устойчивость к болезни.

Литература

1. Зеленов А.А., Бударина Г. А. Формы гороха с измененной архитектоникой листа в селекции на устойчивость к фитопатогенам // Биотика, – № 4 (5). – 2015. – С. 7-10.

2. Кузьмина С.П., Казыдуб Н., Бондаренко Е.В. Применение математических методов анализа в селекции гороха овощного // Овощи России. – № 2 (40). – 2018. – С. 38-42.

3. Лихачева Л.И., Гималетдинова В.С. Оценка сортов гороха на устойчивость к болезням в Красноуфимском селекционном центре // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Материалы IV Международной научно- практической конференции. – Киров. – 2018. – С. 300-303.

4. Thomas R. Gordon *Fusarium oxysporum* and the Fusarium wielt syndrome //Annual Review of Phytopathology. Voll. 55. – 2017. – P. 23-39.

5. Тагиманова Д.С., Рашиденова Ж.А., Хапилина О.Н. Скрининг резистентных каллусов гороха (Pisum sativum L.) на селективных средах с культуральным фильтратом Fusarium oxysporum L. // Биотехнология. Теория и практика. – № 3. – 2013. – С. 1-9.

6. Козявина К.Н. Влияние возбудителей корневых гнилей на рост и развитие проростков гороха // Russian Agricultural Science Review. – 2015. – Т. 6. – № 6. – С. 191-192.

7. Лисовская С.А., Халдеева Е.В. Грибы рода *Fusarium spp.* как потенциально патогенные виды микроорганизмов // Практическая медицина. – 2016. – № 3(95). – С.64-67.

8. Порсев И.Н., Торопова Е.Ю., Исаенко В.А., Малинников А.А., Субботин И.А. Корневые гнили яровой пшеницы в Зауралье и меры борьбы с ними // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 212-219.

9. Градобоева Т.П. Устойчивость сортов гороха к аскохитозу в изменяющихся условиях среды // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 2. – С. 17-22.

10. Бударина Г.А., Зеленов А.Н., Уваров В.Н., Задорин А.М., Соболева Г.Н. Изучение селекционного материала гороха на устойчивость к патогенам и фитофагам и выделение источников устойчивости для практической селекции. // Вестник ОрелГАУ. – № 6 (57). – 2015. – С. 120-127.

11. Овчинникова А.М., Андрюхина Р.М., Азарова Е.Ф. Методы ускоренной оценки селекционного материала гороха на инфекционных и провакационных фонах. – М. – 1990. – 24 с.

Работа выполнена в рамках государственного задания Фалёнской селекционной станции по теме «Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений зернобобовых и крупяных культур для мобилизации их потенциальных возможностей в селекции; создание моделей сортов и на их основе

новых с повышенной продуктивностью и технологичностью, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды с учетом изменения климата для решения задач продовольственной безопасности» № 0767-2019-0097.

ROOT ROTS OF PEAS IN THE CONDITIONS OF THE KIROV REGION

T.P. Gradoboeva
FALENSKY SELECTION STATION – BRANCH OF FSBSI «FEDERAL AGRICULTURAL SCIENTIFIC CENTER OF NORTH-EAST NAMED AFTER N.V. RUDNITSKY»

Abstract: *Root rots is one of the most harmful and common diseases of peas in the Russian Federation. Fusarium root rot prevails in the Kirov region, caused by fungi of the genus Fusarium spp., L. Among them dominated F. oxysporum (Schlecht.) var. pisi (Hall) (with frequency of occurrence 34,3%), F. culmorum (W. G. Sm.) Sacc. (13,3%), F. avenaceum (Fr.) Sacc. (12,4%). Other pathogens that cause root rot have been identified, among which the following are more common Aphanomyces euteiches Drechs. (12,4%), Pithyum ultimum Hesse (8,6%), Rhizoctonia solani Kuchn. (3,8%). Isolates F.oxysporum, F.solani, F.culmorum showed the greatest pathogenicity to peas with all methods of assessment. At the same time, various strains of these fungi showed different degrees of aggressiveness, which must be considered when creating an artificial infectious background. The results of screening genotypes for infectious background indicate their high susceptibility. Only differences in the extent of plant damage are noted. Highly resistant and resistant varieties to root rot was not found. The genotype of the local selection of E-561 was affected in a moderate degree, the development of the disease in which did not exceed 40.0%. Genotypes 90-21-31 (Russia, Oryol region), L-13-25 (Sweden), E-4035, E-1972, E-4152 (Russia, Kirov region) characterized by susceptibility to fusarium root rot. However, the progression of the disease in these varieties was significantly lower than in other studied varieties, such as Lasma (Latvia). On variety 90-21-31, the development of the disease was 25,0- 47,6%, on L-13-25 – 34,0-54,5%, E-4035 – 38,5-51,5%, E-1972 – 42,6-57,4%, E-4152 – 43,1-52,9 %, Lasma – 69,4-90,6%.*

Keywords: peas, root rot, fusarium, pathogens, pathogenicity, resistance.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11115
УДК 631.51

ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПОД ГОРОХ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ

В.М. ГАРМАШОВ, доктор сельскохозяйственных наук
И.М. КОРНИЛОВ, Н.А. НУЖНАЯ, кандидаты сельскохозяйственных наук
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА

Лучшие условия по накоплению осенне-зимне-весенних осадков установлены на варианте с отвальной обработкой на 20-22 см и составили в послестоковый период в метровом слое почвы 225,2 мм продуктивной влаги, что по отношению к другим вариантам обработки выше от 16,7 мм (безотвальная обработка) до 56,4 мм по мелкой обработке противоэрозионным культиватором КПЭ – 3,8, при содержании ее на косимой залежи – 183,1 мм. В период вегетации гороха существенных различий по содержанию почвенной влаги в слое почвы 0-100 см не установлено. Максимальный уровень урожайности культуры получен по отвальным обработкам 20,9 – 21,5 ц/га на фоне без внесения минеральных удобрений. Применение рекомендуемой дозы их повышало урожайность гороха на 0,7- 2,8 ц/га, с максимальным эффектом на контроле (23,7 ц/га).

Ключевые слова: горох, обработка почвы, влагообеспеченность, урожайность.

В условиях недостаточного и неустойчивого естественного увлажнения, где распространены черноземные почвы, в системе обработки на первый план выходят агротехнические мероприятия, способствующие накоплению влаги в почве и сохранению ее от непроизводительных потерь.

По влиянию различных способов основной обработки почвы на агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур нет единого мнения.

По мнению Боронтова О.К. и соавторов [1], по отношению к комбинированной обработке плотность сложения при отвальной и безотвальной обработках повышалась на 0,03-0,05 г/см^3, что связано с ухудшением структуры почвы.

Борисов В.А. и др. [2] считают, что за пять лет плотность верхнего слоя почвы при нулевой обработке была ниже, но различия оставались недостоверными. Турусов В.И. и Гармашов В.М. [3] утверждают, что при всех системах обработки почвы плотность сложения изменялась незначительно. Кузина Е.В. [4] отмечает, что черноземные почвы обладают устойчивым сложением, «равновесная» плотность которых мало изменяется во времени и находится на уровне оптимальных значений для развития возделываемых культур. По результатам исследований Кураченко Н.Л. и Картавых А. А. [5] прямой посев способствовал увеличению плотности сложения, как и уменьшение глубины обработки по сравнению со вспашкой.

Нет единого мнения и по влиянию систем обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур. Одни из них, Кузыченко Ю.А. и соавт. [6], Перфильев Н.В. и Вьюшина О.А. [7], Разина А.А. и Дятлова О.Г. [8], утверждают, что по отвальной обработке она выше по сравнению с ресурсосберегающими технологиями. Соловиченко В.Д. и др. [9] установили, что основная обработка почвы незначительно влияла на урожайность гороха, но выше она была по вспашке.

По исследованиям Волкова А.И и соавт. [10] озимые и яровые культуры обеспечивают примерно равную урожайность (с несущественными различием в 0,1-0,2 т/га по культурам), а вариант с нулевой обработкой уступал им по урожайности: озимая пшеница 5,5 и 9,9%, яровая пшеница – 4,2 и 3,8% и ячмень – 4,5 и 4,0% .

Как правило, отсутствие единого мнения по вопросам, связанным с выявлением эффективности способов обработки почвы, обусловлено как различными почвенно-климатическими и погодными условиями, в которых проводились исследования, так и многофакторностью, обусловливающей эффективность способа обработки почвы и продуктивность возделываемых культур (вид севооборота, набор культур и их последовательность в чередованиях и т. д.). Поэтому необходимо проведение исследований по совершенствованию и разработке новых приемов обработки почвы для конкретных условий местности.

Материалы и методы

В отделе адаптивно – ландшафтного земледелия в стационарных условиях изучаются различные системы (включая нулевую) обработки почвы в зернопропашном севообороте. В севообороте использован метод расщепленных делянок: фактор А – обработка почвы, фактор Б – удобрение.

В представленной статье нами были проанализированы варианты (системы) обработки почвы под горох. Исследуемые варианты включали следующие приемы основной обработки: 1 – система отвальной обработки почвы (контроль), 2 – система отвальной обработки почвы (вспашка на 25-27 см), 3 – мелкая отвальная обработка на 14-16 см, 4 – система безотвальной обработки (обработка чизелем на 14-16 см), 5 – система поверхностной обработки почвы на 6-8 см (обработка КПЭ-3,8), 6 – система «нулевой» обработки почвы (посев гороха без обработки почвы). Общая технология возделывания культуры, за исключением приемов обработки почвы, была общепринятой в зоне.

Опыт заложен в трехкратной повторности. Размещение повторений и делянок систематическое. Схема опыта построена по методу расщепленных делянок. Делянки первого порядка (обработка почвы) – 65 х 6 м, площадь 390 м^2. Делянки второго порядка

(удобрение) – 25 х 6, площадь 150 м^2. Учетная площадь делянки – 100 м^2 (25 м х 4 м). Стационар заложен тремя полями севооборота.

Результаты и обсуждение

Определение влажности метрового слоя почвы показало, что в послестоковый период лучшие условия накопления влаги в осенне-зимне-весенний периоды в среднем за годы исследований установлены на отвальной обработке почвы (вспашка на 20-22 см) – 225,2 мм продуктивной влаги (табл. 1). По отношению к остальным вариантам обработки влажность метрового слоя почвы на этом варианте (контроль) увеличилась от 16,7 мм (по безотвальной обработке на 15-17 см) до 56,4 мм (по обработке противоэрозионным культиватором на 10 – 12 см). На залежи влажность метрового слоя почвы в этот период составила 181,3 мм продуктивной влаги.

Таблица 1

Содержание продуктивной влаги в период вегетации гороха, мм (в среднем за три года)

Обработка	Слой почвы	Фаза развития культуры				В среднем за вегетацию
		до посева	начало вегетации	средина вегетации	перед уборкой	
Вспашка на 20-22см	0 -20	34,1	30,3	15,6	11,6	22,9
	0 - 50	97,0	84,3	46,0	28,2	63,9
	0 - 100	225,2	177,6	105,4	59,0	141,8
Вспашка на 25-27 см	0 -20	31,0	25,2	10,5	15,0	20,4
	0 – 50	80,5	77,5	36,2	28,0	55,5
	0 – 100	174,2	164,2	83,4	60,2	120,5
Вспашка на 15-17см	0 -20	36,2	24,6	10,6	9,3	20,2
	0 - 50	82,4	76,5	26,3	23,2	52,1
	0 - 100	183,2	176,2	70,6	46,2	119,4
Безотвальная на 15-17см	0 -20	36,2	24,6	10,6	9,4	20,2
	0 - 50	93,8	78,8	36,4	19,5	57,1
	0 - 100	208,5	188,2	96,0	46,2	134,7
КПЭ – 3,8 на 10-12см	0 -20	30,3	26,3	13,7	10,9	20,3
	0 - 50	74,7	81,3	42,5	22,2	55,1
	0 - 100	168,8	172,8	98,3	45,4	121,3
Нулевая + гербицид	0 -20	32,5	23,2	11,4	9,2	19,1
	0 - 50	91,9	74,7	39,2	21,4	56,8
	0 - 100	188,1	182,8	100,3	59,0	132,6
Залежь (косимая)	0 -20	57,2	26,2	21,8	21,5	31,7
	0 - 50	92,2	73,1	62,0	49,7	69,2
	0 - 100	183,1	164,8	142,2	114,5	151,2

В начальный период вегетации гороха (всходы) влажность двадцатисантиметрового слоя почвы в зависимости от способов обработки почвы составила в среднем 23,2-30,3 мм, с максимальным значением на контроле, а на залежи в том же горизонте – 26,2 мм. В метровом слое почвы в фазу всходов в зависимости от способов обработки влажность почвы достигала 164,2-188,2 мм, с максимальным значением по безотвальной обработке на 15-17 см, что указывает на уменьшение испарения в связи с оставлением растительных остатков на поверхности почвы. Следует отметить, что во все годы исследований (2014-2016) в этот период времени (всходы посевов гороха) было достаточное количество влаги для получения дружных всходов.

По сравнению с контролем (177,6 мм) вариация по влажности метрового слоя почвы между вариантами с различной обработкой составила от – 13,4 мм (по глубокой обработке) до + 10,6 (по безотвальной обработке на 15-17 см), при влажности на залежи 164,8 мм. Причем, в пятидесятисантиметровом слое на различных вариантах содержалось примерно равное количество влаги в эту фазу развития растений гороха 74,7-84,3 мм, с наибольшим значением на контроле, а на залежи (целина) содержание продуктивной влаги составило в этот период 73,1 мм. К средине вегетации культуры (образование бобов) использование влаги из метрового слоя почвы по сравнению с началом развития гороха составило от 72,3

мм (по отвальной обработке на 20-22 см) до 105,6 мм (по безотвальной обработке на 15-17 см), в то время как на залежи из такого же горизонта за этот период времени расходовалось всего лишь 22,6 мм продуктивной влаги.

К средине вегетации культуры (образование бобов) использование влаги из метрового слоя почвы по сравнению с началом развития гороха составило от 72,3 мм (по отвальной обработке на 20-22 см) до 105,6 мм (по безотвальной обработке на 15-17 см), в то время как на залежи из такого же горизонта за этот период времени расходовалось всего лишь 22,6 мм продуктивной влаги. В полуметровом слое на фоне различных обработок почвы расход влаги составил 35,5-50,2 мм, а на залежных участках – 11,0 мм. В пахотном горизонте (0-20 см) в фазе образования бобов на фоне разных способов обработки содержалось 10,5-15,6 мм, а на залежи – 21,8 мм.

К концу вегетации культуры влажность метрового слоя почвы по отвальной глубокой обработке и контролю снизилась, соответственно, до 60,2 и 59,0 мм продуктивной влаги, что было на уровне с вариантом с нулевой обработкой + гербицид (59,0 мм). На мелких обработках (отвальной, безотвальной на 15-17 см и обработке КПЭ) содержалось в метровом слое почвы 45,4-46,2 мм. Расход продуктивной влаги, по отношению к запасам в начальный период развития растений гороха, составил по контролю 66,3%, по глубокой отвальной обработке (вспашке) – 63,3%, по нулевой – 67,8%. По безотвальной обработке на 10-12 см и вспашке на 15-17 см в метровом горизонте почвы расходовалось равное количество влаги начального ее запаса (73,8%), а максимальный расход влаги установлен на варианте с безотвальной обработкой на 15-17 см и составил 75,5%. На залежных участках отмечено наиболее экономное расходование влаги растениями из почвы и составило 40,6% .

В среднем на фоне различных способов обработки почвы в пахотном слое почвы за вегетацию гороха содержалось от 19,1 мм продуктивной влаги по нулевой обработке до 37,1 мм по вспашке на 15-17 см, на залежи ее содержание составило 31,7 мм.

В метровом горизонте на обрабатываемых участках максимальное количество влаги в среднем за вегетацию отмечено по отвальной обработке на 20-22см (контроль) и составило 141,8 мм, а на залежи – 151,2 мм. На фоне остальных обработок почвы содержание влаги в почве изменялось от 119,0 мм продуктивной влаги (по мелкой вспашке) до 134,7 мм при безотвальной обработке на 15-17 см.

Как показали результаты исследований, в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ наибольшая урожайность гороха, независимо от фона удобренности, получена по отвальной обработке почвы (вспашка на глубину 14-16 – 25-27 см) и составила 20,9-21,5 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность гороха при различных приемах основной обработки почвы, ц/га (среднее 2014-2016 гг.)

	Обработка и глубина (фактор А)	Удобрение (фактор В)		Средняя (А), $НСР_{05}$= 2,2	Отклонение от контроля
		б/уд-й	$N_{60}P_{60}K_{60}$		
1	Вспашка – 20-22 см (контроль)	20,9	23,7	22,3	0,0
2	Вспашка – 25-27 см	21,5	23,7	22,6	0,3
3	Вспашка – 14-16 см	21,2	22,2	21,7	-0,6
4	Безотвальная –14-16 см	18,8	21,0	19,9	-2,4
5	Комбинированная в севообороте*	19,9	22,5	21,2	-1,1
6	Разноглубинная отвальная в севообороте*	21,2	22,9	22,0	-0,3
7	Разноглубинная безотвальная в севообороте**	18,7	19,4	19,0	-3,3
8	Минимальная –6-8 см	18,8	20,2	19,5	-2,8
9	Нулевая	13,7	14,5	14,1	-8,2
	Средняя (В), $НСР_{05}$= 0,69	19,4	21,1		

*Примечание: * под горох вспашка – 20-22 см; ** под горох чизелевание – 20-22 см*

Применение приемов безотвальной и поверхностной обработок почвы под горох приводит к снижению урожайности на 2,4-3,3 ц/га. Минимальная урожайность гороха получена по нулевой обработке почвы и составила 14,1 ц/га независимо от фона удобренности. Уменьшение глубины обработки почвы в отвальной системе обработки (вспашка на глубину 14-16 см) в наименьшей степени привело к снижению урожайности гороха. Урожайность гороха снизилась на 0,6 ц/га по сравнению с контролем.

В современном земледелии, с широким применением средств интенсификации, все большее значение приобретает повышение эффективности от их применения. Исследования показали, что наибольшая прибавка от применения минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ д.в. под горох получена по отвальной обработке почвы – вспашке на глубину 20-22 см – 2,8 ц/га. Безотвальная, поверхностная и нулевая обработки почвы снизили эффективность применения минеральных удобрений. Здесь увеличение урожайности гороха по сравнению с неудобренным фоном составило 0,8-2,2 ц/га. Углубление пахотного слоя до 25-27 см несколько снизило эффективность применения минеральных удобрений. Прибавка урожайности гороха на этом варианте обработки составила 2,2 ц/га.

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ в большинстве случаев безотвальные приемы, поверхностная и нулевая обработки почвы, обеспечивающие поверхностное сосредоточение используемых минеральных удобрений, снижают эффективность их применения при возделывании гороха.

Заключение

Для современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия разработаны приемы основной обработки почвы под зернобобовые культуры, обеспечивающие рациональное использование почвенно-климатического потенциала агроландшафтов Центрального Черноземья, сохранение плодородия почв и высокую продуктивность зернобобовых культур - 20,9-21,2 ц/га. На фоне с применением удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) уровень урожайности гороха составил - 23,7-22,2 ц/га.

Литература

1.Боронтов О.К., Косякин П.А., Манаенкова Е.Н. Влияние основной обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства при возделывании сахарной свеклы // Земледелие. – 2019. –№ 2. – С. 33-35.

2.Борисов В.А., Байбеков Р.Ф., Рогожин Д.О. и др. Изменение показателей состояния органического вещества и физических свойств чернозема южного при переходе от традиционной к нулевой обработке. // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 14-16.

3.Турусов В. И., Гармашов В.М. Эффективность различных приемов и систем обработки почвы в звене севооборота горох – озимая пшеница в условиях юго-востока ЦЧР // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 9-14,

4.Кузина Е.В. Влияние основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги и агрофизические свойства почвы чернозема выщелоченного // Пермский вестник. – 2016. – № 3. – С. 35-41.

5.Кураченко Н.А., Картавых А.А. Агрофизическое состояние черноземов Красноярской лесостепи в условиях ресурсосберегающих технологий основной обработки // Земледелие. – 2017, – № 2. – С.17 –19.

6.Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. / Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // Земледелие. – 2017. – № 4. – С.19-21.

7.Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Урожайность зерна культур и качество зерна пшеницы // Земледелие. – 2017. – № 5. – С.36-38.

8.Разина А.А., Дятлова О.А. Влияние способов основной обработки почвы в различных вариантах пара на распространенность и развитие корневой гнили в посевах яровой пшеницы // Земледелие. – 2017. – № 6. – С.40-42.

9.Соловиченко В.Д., Никитин В.В., Каробутов А.П. и др. Влияние способов основной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха. // Земледелие. – 2018. – № 5. – С.20-23.

10.Волков А.И., Кириллов Н.А., Григорьева И.В. и др. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота // Земледелие. – 2017. – № 5. – С.32-35.

MAIN TILLAGE FOR PEAS IN CONDITIONS OF INSUFFICIENT MOISTURE SUPPLY

V.M. Garmashov, I.M. Kornilov, N.A. Nuzhnaya

FSBSI «V.V. DOKUCHAEV RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF THE CENTRAL - CHERNOSEM ZONE»

Abstract: *The best conditions for accumulation of autumn-winter and spring precipitation were observed on version with moldboard processing on 20-22 cm in post-drain period in one meter soil layer 225,2 mm of productive moisture that relative to other options for processing the above from 16,7 mm (mold processing) to 56,4 mm fine processing with anti-erosion machine KPIS-3,8, with its content at layland under cutting – 183,1 mm. In the period of vegetation pea significant differences in soil moisture content in 0-100 cm soil layer is not installed. The maximum level of yields obtained on moulded cultivations 20,9-21,5 kg/ha in the background without fertilization. Use the recommended dose of their increased productivity of peas at 0,7-2,8 t/ha, with maximum effect on control (23,7 centners/hectare).*

Keywords: handling, moisture, yield.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11116
УДК 631.52: 635.655

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СРЕДИ НОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ СОИ (*GLYCINE MAX*) В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Р.С. ЕРЖЕБАЕВА, **С.В. ДИДОРЕНКО,** кандидаты биологических наук
М.С. КУДАЙБЕРГЕНОВ, доктор биологических наук
А.К. ДАНИЯРОВА, **А.А. АМАНГЕЛДИЕВА**
ТОО «КАЗАХСКИЙ НИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА»

В условиях юго-востока Республики Казахстан проведено испытание 98 сортов коллекции сои (Glycine max L.) отечественной и зарубежной селекции из 20 стран мира: Россия, Украина, Грузия, Беларусь, Таджикистан, Латвия, Венгрия, Польша, Молдова, Румыния, Китай, Япония, Франция, Канада, Швейцария, Швеция, Куба, Северная Корея, Вьетнам и Тайвань. С целью поиска новых источников засухоустойчивости сои коллекция была испытана на двух контрастных фонах: в условиях орошения и без орошения. 80% коллекции сои было испытано в условиях Казахстана впервые. Были изучены такие признаки как длительность вегетационного периода, высота растения, урожайность, морфология и опушенность листа, INDV. Апробированы различные методы вычисления индексов засухоустойчивости сои.

На основании оценки вегетационного периода коллекционные образцы сои разделены на 6 групп спелости: 00, 0, I, II, III, IV. Установлено, что 24 образца, отнесенные к IV группе спелости с вегетационным периодом более 160-170 дней, полностью не вызревают в условиях юго-востока РК.

Установлено, что различные индексы (STI, K1SYI, K2SYI), используемые исследователями для оценки засухоустойчивости, относительно близки по значениям и могут быть использованы для оценки засухоустойчивости сортов сои. Выявлена прямая генотипическая корреляция урожайности семян и индекса засухоустойчивости (STI) испытываемых образцов по различным группам спелости и контрастных фонах орошения на уровне 0,642-0,947 как на орошении, так и на богаре.

Из коллекции выделено 17 образцов с высоким индексом засухоустойчивости (0,83-4,8). Большинство образцов, имеющие высокие индексы засухоустойчивости относятся к II группе спелости.

Выделены источники засухоустойчивости, имеющие высокие показатели по трем-четырем признакам Sponsor, DV-254, Y-48, Припять, Вилана, Xinjiang D11-252.

Ключевые слова: соя, коллекция, богара, орошение, урожайность, индекс засухоустойчивости, морфологический признак.

Соя входят в десятку самых широко выращиваемых культур с общим объемом производства более 352 миллионов тонн в 2017 году. Посевная площадь сои занимает более

123 миллионов гектаров по всему миру, около половины которой приходится на США и Бразилию (данные ФАО) [1].

Благодаря уникальному и богатому химическому составу соя является культурой многоцелевого использования - продовольственного, кормового и технического. Высоко оценивается и агротехническое значение этой культуры. При инокуляции ризоторфином в условиях оптимальной влажности она накапливает в почве 60 – 120 кг/га азота и является хорошим предшественником зерновых и других не бобовых культур (П.Р Шот.,2007).

Из всех абиотических стрессов именно засуха является основным лимитирующим фактором на пути стабильного производства сои. Исследования, проведенные в полевых и тепличных условиях, показали, что стресс от засухи приводит к значительному сокращению урожая семян сои – до 24-50% [2, 3, 4,]. Двухлетний полевой эксперимент, проведенный Brown E. с соавторами на 4 сортах Davis, Lee 74, Sohoma и Centennial продемонстрировал, что наиболее больший урон урожайности сои наносит стресс засухи, вызванный в фазах R2 или R4 [5].

Наиболее объективная и достоверная оценка засухоустойчивости образцов – это сравнительный учет продуктивности растений в естественных условиях (в полевых опытах) в благоприятные и засушливые периоды вегетации [6]. Для оценки генотипов по степени их засухоустойчивости или толерантности к воздействию других неблагоприятных факторов принято использовать индексы засухоустойчивости. Анализ литературы показал разные подходы к их вычислению [7, 8, 9]. В одних работах используют отношение оценки урожайности при стрессе засухи к их оценкам в орошаемых условиях [8], в других их произведения, деленные на квадрат среднего значения урожайности всех испытываемых образцов при орошении [7]. По данным Дьякова А.В. и др. (2009) оценивать засухоустойчивость генотипов сои необходимо по величинам их урожаев в условиях засухи.

Ответ растения на засуху очень сложен и включает в себя взаимодействие между различными молекулярными, биохимическими и физиологическими процессами [10]. Одним из таких ответов является стремление растения поддерживать высокий уровень воды в период стресса. Вырабатываются адаптивные приспособления, включающие высокую водопоглощающую способность корней, формирование более длинного стержневого корня, который помогает достичь нижних слоев грунта, снижение испаряемости от надземных органов при формировании листьев меньшего размера, высокая эффективность транспирации, регулировка частичного закрытия устьиц, наличие опушения, которое защищает лист от перегрева и интенсивной солнечной радиации. При отборе засухоустойчивых форм необходима комплексная оценка по нескольким морфологическим и физиологическим маркерам.

В Казахстане взят курс на наращивание производства сои. Посевная площадь составила в 2018 году 126 тыс. га. Основным регионом возделывания сои является юг и юго-восток Казахстана. Продвижение сои в северные и восточные области республики является целевым индикатором Государственной программы развития агропромышленного комплекса в РК на 2017-2021 годы. Для большого разнообразия почвенно-климатических условий Казахстана требуются сорта сои, устойчивые к различным стрессам, и прежде всего сорта, устойчивые к засухе. В связи с этим в Казахском НИИ земледелия и растениеводства начата работа по созданию сортов сои северного экотипа, включающая селекцию на скороспелость и засухоустойчивость. Для селекционных исследований необходимо в первую очередь оценить имеющуюся коллекцию на адаптивность, продуктивность и засухоустойчивость в климатических условиях Казахстана и в дальнейшем использовать лучшие генотипы мировой коллекции для создания отечественных высокопродуктивных, засухоустойчивых линий.

Цель исследования - оценка адаптивности коллекционных образцов сои к условиям юго-востока Казахстана и скрининг по морфологическим и физиологическим маркерам засухоустойчивости на двух контрастных фонах возделывания (орошение, богара) для

выделения засухоустойчивых образцов в качестве источников целенаправленных скрещиваний.

Материал и методика исследований

Материалом исследований служили 98 сортов коллекции сои *(Glycine max L.)* отечественной и зарубежной селекции из 20 стран мира: Россия, Украина, Грузия, Беларусь, Таджикистан, Латвия, Венгрия, Польша, Молдова, Румыния, Китай, Япония, Франция, Канада, Швейцария, Швеция, Куба, Северная Корея, Вьетнам, Тайвань. В новую коллекцию вошли засухоустойчивые образцы, подобранные по литературным источникам и выписанные из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. 80% образцов поступило из U.S. National Plant Germplasm.

Коллекционные сортообразцы сои изучались на двух научных полевых стационарах Казахского НИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) – орошаемый и не поливной участок. Делянки при изучении коллекции размером 1 погонный метр, по 25 семян. Посев рандомизированный в трехкратной повторности. Вегетационные поливы на поливном стационаре осуществлялись трижды (в третей декаде июня, второй декаде июля и второй декаде августа). На богарном стационаре полив не производился.

Метеорологические условия периода исследований фиксировались метеостанцией КазНИИЗиР. Максимальное количество осадков пришлось на весенний период апрель-май месяцы 2018 года. В этот период выпало 206,5 мм осадков, что на 88,4 мм превышает уровень среднемноголетних осадков (118,1 мм) на указанные месяцы. Осадки, выпавшие в апреле (81,6 мм) и мае (124,9 мм) месяцах способствовали накоплению влаги в почве и благоприятному прорастанию семян коллекционных образцов сои. Июнь месяц характеризовался как засушливый. За этот период выпало 28,7 мм осадков, что на 25,2 мм ниже среднего многолетнего значения (53,9 мм). В июле месяце наблюдалась самая высокая среднесуточная температура, равная 25,2^{o}C. В данный период наступили фазы цветения и формирования бобов большинства сортов 0-III групп спелости. Осадки составили 32,3 мм, что на 6 мм были выше среднемноголетней нормы. По температурному режиму все весенние и летние месяцы характеризовались положительным температурным балансом, находящимся на уровне средней многолетней.

В августе наблюдались осадки в два раза выше среднемноголетних показателей и повышенный температурный фон (на 2,4 градуса). Всего за вегетацию сои выпало для скороспелых сортов 195,1 мм и для позднеспелых 238,6 мм.

Фенологические наблюдения проведены по основным фазам развития: посев, всходы (VE), появление тройничного листа (V1), цветение (R2), бобообразование (R4), налив бобов (R6), созревание (R8) [11]. Оценка урожайности проводилась из расчета средней массы семян с погонного метра (три повторности*),* измерялась при 13% влажности [12].

Индекс засухоустойчивости. Был произведен расчет нескольких индексов засухоустойчивости на основе литературных данных:

Индекс засухоустойчивости STI (Stress tolerance index) STI = $(Y_p \times Y_s)/ \bar{Y}_p^{\,2}$ [7], где Y_p – урожайность генотипа при орошении*;* Y_s – урожайность при стрессе засухи*;* $\bar{Y}_p$ – среднее значение урожайности при орошении всех испытываемых образцов;

Индекс стабильности урожайности YSI (Yield stability index): YSI = Y_p / Y_s [8]

Модифицированный индекс засухоустойчивости [9] MSTI (Modified Stress tolerance index) =KiSTI $K_1STI = Y_s^{\,2}/ \bar{Y}_s^{\,2}$ $K_2STI = Y_p^{\,2}/ \bar{Y}_p^{\,2}$, где $\bar{Y}_s$ - среднее значение урожайности всех испытываемых образцов при стрессе засухи;

Плотность опушения. Растительные образцы для анатомического исследования были отобраны в период, когда растения находились в генеративном возрастном состоянии R4 (фаза образования бобов) и яркого проявления недостатка влаги (июль-август).

Учитывая сильную фенотипическую вариабельность структуры и функциональной активности листа, для анатомических исследований были выбраны типичные фенотипы из опыта. Все наблюдения выполняли на листьях среднего яруса завершивших рост и дифференцировку. По каждому сорту проанализировано по 5 листьев с разных растений.

Были приготовлены анатомические препараты нижнего эпидермиса листа – методом «реплик». При оценке количества волосков использовали не менее 10-ти полей зрения микроскопа при увеличении х100 на Микроскопе Meiji Techno серии МТ4000 *(Japan).* При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методики (Прозина М.Н., 1960)

Морфология листа была описана согласно классификации УПОВ TG/80/6 [13].

NDVI (индекс «зелени» растения или фотосинтетичсекой активности). Для оценки состояния сортообразцов по индексу NDVI на двух контрастных стационарах (орошение, богара) был использован прибор GreenSeeker Handheld. Листовая диагностика листьев сои производилась путем оценки интенсивности зеленого цвета и измерения светопоглощения листьями растений сои. Сила обнаруженного света является прямым индикатором здоровья растений. Листовая диагностика всех образцов коллекции с помощью оптического датчика GreenSeeker Handheld проводилась с мая по август месяцы, каждые 10 дней. Во время обследования прибором оценивались растения с определенной площади сортообразца на трех повторностях. В течение вегетационного сезона обследование опытных делянок проводилось в динамике.

Корреляционный анализ и Basic statistics анализ выполнены с использованием программы *Statistica 10 (Портативная версия)*. Basic statistics анализ проведен с использованием графической статистики для наглядного изображения основных характеристик выборки Graph Type Box-Whiskers.

Biplot анализ – метод главных компонент (англ. principal component analysis, PCA) проведен с использованием программы XLSTAT.

Результаты и обсуждение

Соя – растение муссонного климата. В Дальневосточном регионе, где она сформировалась как культура, максимальное количество осадков приходится на вторую половину лета. Это время совпадает с периодом налива бобов, наибольшим накоплением зеленой массы и значением транспирации. В Казахстане распределение осадков иное. Пик их выпадения приходится на весну, первую половину лета, а в июле – августе их количество снижается. Опыт проведен на полевых стационарах, расположенных в Алматинской области, находящейся на высоте 740 метров над уровнем моря, 43°15′ с. ш., 76°54′ в. д. Для оценки адаптивности новой коллекции сои в условиях юго-востока Казахстана были изучены следующие признаки: длительность вегетационного периода, высота растения, урожайность, морфология листа, опушенность листа, INDV в условиях орошения и без орошения.

Вегетационный период. Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды неодинакова у различных сортов в разные периоды жизни растений. Кроме этого, время наступления критических периодов развития, их продолжительность не совпадают у сортов с различной продолжительностью вегетационного периода. Одни из них попадают под действие неблагоприятных факторов в критические периоды, другие минуют эти стрессовые воздействия благодаря высокой скороспелости, обнаруживают более высокий уровень устойчивости в данной почвенно-климатической зоне. В другой климатической зоне степень устойчивости их может изменяться (Дагестан).

В связи с этим новая коллекция сои была изучена по длительности вегетационного периода в условиях юго-востока РК. Изучаемый коллекционный материал в зависимости от созревания при наборе определенного количества положительных температур был разбит на 6-7 групп спелости (000 – ультраскороспелая, 00 – скороспелая, 0 – раннеспелая, I – среднеранняя, II – среднеспелая, III – среднепоздняя, IV – позднеспелая) в зависимости от суммы положительной температуры, накопленной за вегетационный период.

Замечено, что при поливе образцы были дифференцированы по 6 группам, а при стрессе засухи на 7 (табл. 1).

По результатам испытания было установлено, что 24 образца (Vavilov 63-17, ZDD00403, Koushurei 235, KSHI 713, OAC Talbot, Wong Tau, Kaigen Shirobana, Takiya, Maruba daizu, Y-48, Koshurei No. 35, 5695, Mentou, 7204, Karika-Takuja, KAS 360-6, Feng shou

huang tou, Kojiro, Shiro hadaka 12, Qing da dou, Hong hu liu yue bao, Coc hong phuong a, Liu yue zao, 420), относящиеся к IV группе спелости не до конца вызрели в условиях юго-востока Республики Казахстан.

Таблица 1

Продолжительность вегетационного периода сои разных групп спелости (просчитанных по сумме положительных температур)

Группа спелости	Сумма положительных температур, C^0	Вегетационный период, дни	Количество образцов, шт	
			полив	засуха
000	1700-2000	78-91	-	8
00	2000-2400	92-106	14	8
0	2400-2600	107-115	2	3
I	2600-2800	116-126	5	4
II	2800-3000	127-138	14	15
III	3000-3200	139-150	21	23
IV	Более 3200	Более 151	42	30

Высота растения. В наших исследованиях оценивалась высота растений сои, как одного из косвенных маркеров засухоустойчивости растений, в связи с высокой положительной корреляцией между глубиной проникновения корней и высотой растений [14]. Соотношение высоты растений к длине центрального корня у сои обычно составляет 1:2,2 – 1:2,4 [14]. Была оценена высота растений всех коллекционных образцов, выращенных в условиях орошения и без орошения.

В модели сорта для юго-восточного региона РК оптимальной высотой является 80-100 см, при которой формируется наилучшая урожайность. Низкорослые сорта характеризуются низким прикреплением бобов, а высокорослые склонны к полеганию, что ведет в обоих случаях к потере урожайности при комбайнировании [15].

В среднем по группам спелости отмечено, что растения сортообразцов коллекции формировали на поливном стационаре высоту выше (от 35,4 см до 155,4 см), чем на засушнике (от 39,4 см до 76,5 см). На орошаемом стационаре высота большинства растений позднеспелой группы составила 150-200 см, что привело к их полному полеганию. На неполивном участке полегание растений не зафиксировано.

Выделены сортообразцы, высота которых и на поливе и без него была на одном уровне, или же без полива была выше: в ультраскороспелой группе – Магева, Ajma, Гармония, Mapleamber, Красивая мечта, Устя, Припять, Танаис, Спритна, в скороспелой – Xinjiang heihe 38, в среднепоздней – Maplearrow, Xinjiang D10-135, в позднеспелой – Ситора, DV-254.

Высота растений сои по данным многих исследователей имеет прямую корреляцию с урожайностью [14]. В наших исследованиях корреляционный анализ высоты и урожайности растений так же показал положительные значения среднего и сильного уровня значимости коэффициента в пределах 0,655-0,839 на орошении для 00 – I групп спелости и слабые значения 0,283-0,424 для II-IV групп спелости. Корреляция высоты растений с урожайностью на засухе была ниже и составила 0,293-0,650.

Оценка урожайности. Испытание на засухоустойчивость в засушниках и суховейных установках дает возможность подвергать растения почвенной и атмосферной засухе в любой период вегетации для оценки сортов. Сорта, в меньшей степени снижающие урожайность по сравнению с орошением, считаются более засухоустойчивыми. Проведена сравнительная оценка урожайности семян на двух контрастных фонах (орошение, без орошения). Наибольшие показатели урожайности семян коллекции в условиях юго-востока РК отмечены у образцов II-ой группы спелости, как орошаемом участке (64,6-317,1 г/м), так и без орошения (26,9-124,6 г/м) (рис. 1, табл. 2).

Из разных групп спелости выделены образцы, сформировавшие достаточно высокую урожайность не только в условиях орошения, но и в условиях засушника: в 00 группе – Припять (64 г/м), Танаис (64 г/м); Mapleamber (64 г/м); II группе – Sponsor (125 г/м), Вилана (70 г/м), Xinjiang D11-252 (65 г/м), Селекта 302 (63 г/л); III группе – DV-254 (95 г/м), Букурия

(86 г/м), Wase Eda Mame (85 г/м), Ситора (72 г/м), Y-48 (95 г/м), VYTKA 2 (92 г/м), 5913 (76 г/м).

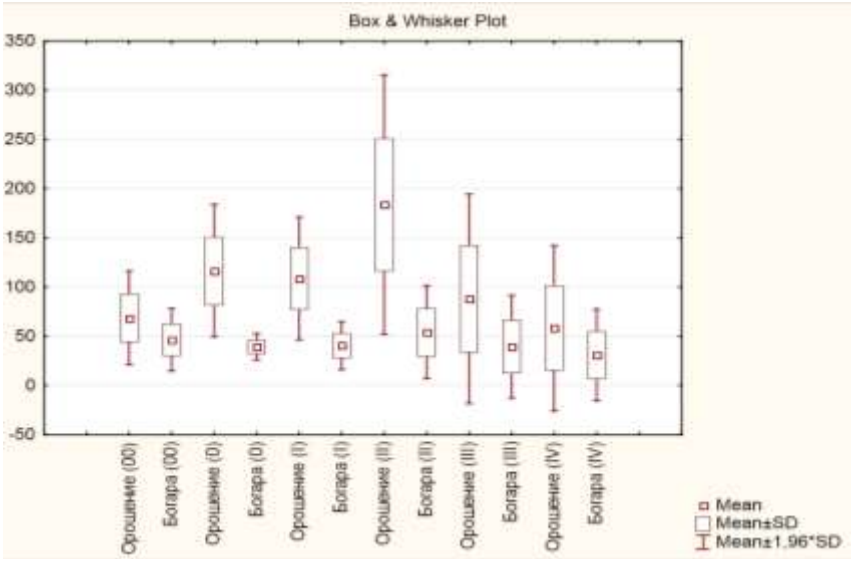


Рис. 1. Сравнительный анализ урожайности коллекционных образцов сои на орошении и без орошения (богара) в разрезе различных групп спелости

Таблица 2

Урожайность семян сои, г/п.м.

Опыт	Группа спелости	Минимальная	Максимальная	Mean ± SD
Орошение	00	34.4	108.3	68.4±24.3
Богара	00	16.3	64.3	46.4±16.2
Орошение	0	90.8	155.5	116.4±34.4
Богара	0	32.4	45.8	39.3±6.7
Орошение	I	65.8	140.8	108.8±31.6
Богара	I	28.4	57.4	40.6±12.3
Орошение	II	64.6	317.1	183.7±67.2
Богара	II	26.9	124.6	54.0±24.1
Орошение	III	25.4	265.0	87.9±54.3
Богара	III	10.8	95.1	39.6±26.5
Орошение	IV	4.2	204.1	58.3±42.9
Богара	IV	0.8	95.4	31.1±23.6

Индекс засухоустойчивости. По результатам оценки урожайности на контрастных фонах были вычислены различные индексы, используемые исследователями для оценки засухоустойчивости: индекс засухоустойчивости STI [7], индекс стабильности урожайности YSI [8] и модифицированные индексы засухоустойчивости сортов K1SYI и K1SYI [9]. На основании полученных индексов и данных урожайности был построен график Biplot, как способ визуализации и ранжирования образцов по засухоустойчивости (рис. 2). Линии, обозначающие урожайность на засухе и индексы засухоустойчивости расположились в одном сегменте графика. Анализ графика позволил выделить образцы расположенные близко к обозначенным линиям как самые засухоустойчивые.

Самые высокие индексы засухоустойчивости зафиксированы для следующих образцов: Sponsor (4,8), Букурия (2,7), Вилана (1,9), Xinjiang D11-252 (1,7), Жансая (1,6), DV-254 (1,4), Zen (1,2), Память ЮГК (1,1), Ситора (1,0), Maplearrow (1,0), Wase Eda Mame (0,98), Huang ke (0,93), Гибридная 670 (0,92), Селекта 302 (0,88), Скытнея (0,87), Y-48 (0,87), 5913 (0,86), Mapleamber (0,83). Большинство образцов, имеющие высокие индексы засухоустойчивости относятся к II группе спелости.

Корреляционный анализ урожайности и индекса засухоустойчивости (STI) испытываемых образцов по различным группам спелости и контрастных фонах орошения показал сильную связь ($r = 0,642\text{-}0,947$, $P<0,05$) как на орошении, так и без орошения (табл.

2). Линия индекса стабильности урожайности при построении графика расположилась в отдельном сегменте. Это связано, по-видимому, с тем, что в ее вычислении используется простое отношение оценки урожайности при стрессе засухи к их оценкам в орошаемых условиях. Недостатком такого метода является то, что сорта с повышенным потенциалом урожайности в благоприятных орошаемых условиях и сравнительно высокие урожаи на засухе имеют ранги ниже, чем сорта, имеющие стабильные, но низкие урожаи на орошении и засухе (Дьяков А.Б. и др. 2009).

Вычисление статистической зависимости индекса стабильности урожайности с урожайностью образцов на двух фонах показали отрицательные и низкие коэффициенты корреляции (r = -0,770-0,453, P<0,05).

Достаточно сильная корреляционная связь была отмечена между индексом стабильности урожайности и урожайностью (r = 0,639-0,906, P<0,05) в группах спелости 0 – I, выращенных на засухе. Это объясняется тем, что растения образцов начальных групп прошли фазы цветения и завязывания семян до начала июльской засухи и дали сравнительно стабильный урожай.

Ранжирование изучаемых образцов коллекции по индексу стабильности урожайности YSI позволило выделить образцы со сравнительно стабильной урожайностью, как на орошении, так и на богаре: 00 группа спелости - Красивая мечта (1,1), Fiskeby 4 (1,0), Магева (0,97); III группа спелости - Gong jiao 6308-1 (1,6), Jilin No. 10 (1,0), Kindaizu (0,96), 6575 (0,94).

Анатомо-морфологические признаки засухоустойчивости. Морфологические и физиологические приспособления листьев к стрессу засухи позволяют уменьшить потерю воды и повысить эффективность ее использования. Исследователями отмечена тенденция уменьшения листовой поверхности посевов сои для уменьшения транспирации во время дефицита влаги [15]. Более узкие листья сои являются показателями ксероморфности растения. Проведено морфологическое изучение коллекционных образцов сои по форме листа.

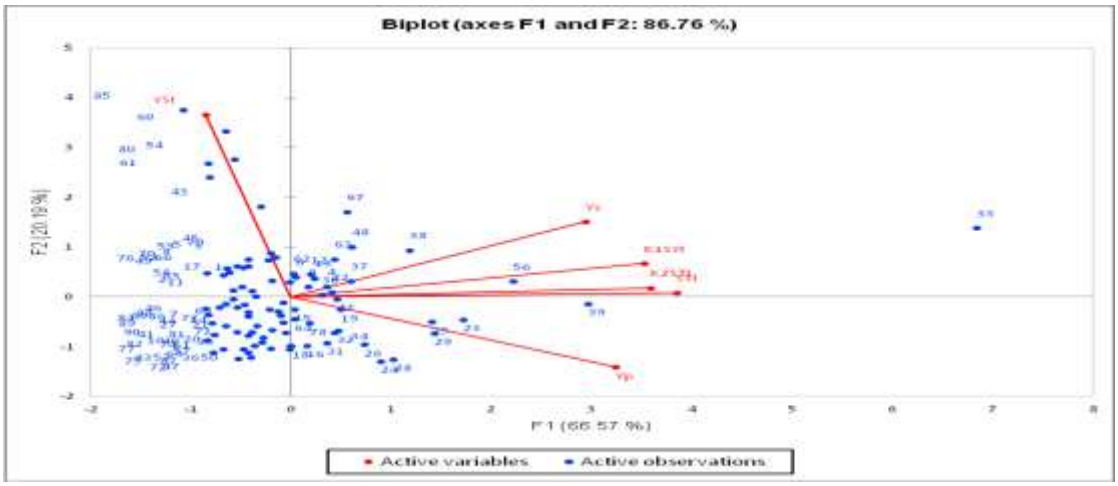


Рис. 2. Графический Biplot анализ коллекционных образцов сои по индексам засухоустойчивости и урожайности в контрастных условиях (орошение, без орошения)

Из 100 коллекционных номеров узколистностью обладают 11 сортов, из них 1 ланцетовидный – Mapleamber (Канада), и 10 треугольной формы – Гармония, Красивая мечта (Россия), Память ЮГК (Казахстан), Sponsor (Франция), Xinjiang heihe 38, Xinjiang D11-252, Xinjiang D10-130, Xinjiang D10-135, Gong jiao 6308-1 (Китай), Monbetsu Nagaba daizu (Япония). Округло-яйцевидной формой обладают 9 сортобразцов Цзи-ти 4, Колхида 4, Huang ke, ZDD00403, Kiio Shokuzu, Kimusume-Sai-I-go, Shimizu 1-8-1, Kojiro, Xiao hei mei. У подавляющего большинства сортообразцов форма листовой поверхности была заостренно-яйцевидной (рис. 3).

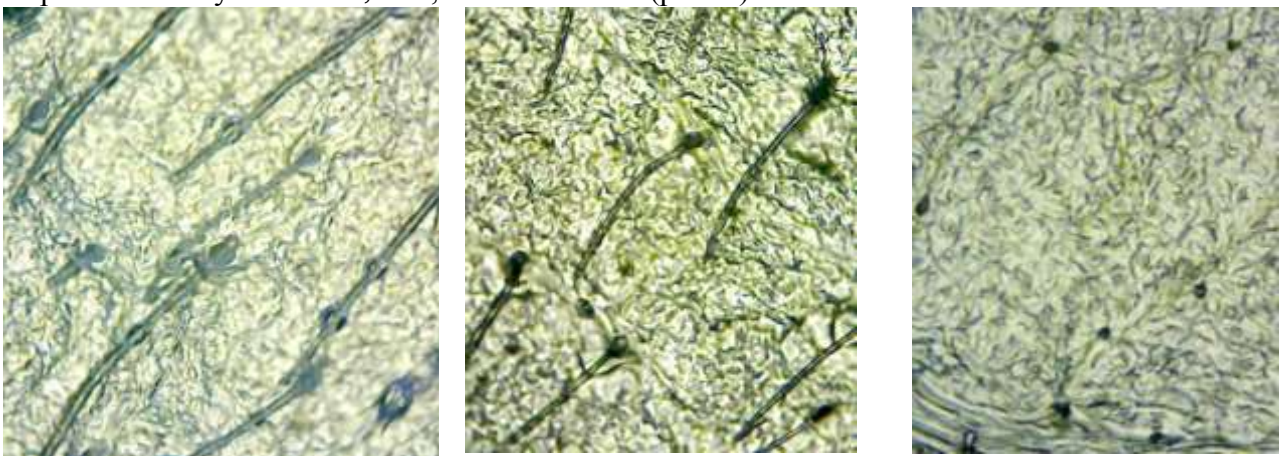
б *в* *г*

а – ланцетовидная; б – треугольная; в – яйцевидно-округлая; г – яйцевидно-заостренная
Рис. 3. Форма листовой поверхности коллекционных сортообразцов сои

Нами отмечено, что большинство образцов сои, имеющих узкие листья треугольной и ланцетовидной формы, обладают высокими значениями индекса засухоустойчивости: Sponsor (4,8), Xinjiang D11-252 (1,7), Память ЮГК (1,1), Mapleamber (0,83), Xinjiang D10-130 (0,80) и Гармония (0,67).

Плотность опушения листьев. Одним из морфологических приспособлений листьев к борьбе с засухой является плотное опушение листа. Опушение листа это общая особенность ксерофитных растений, а также некоторых сельскохозяйственных культур, в том числе сои. Волоски создают экран, защищающий листья от перегрева [6, 10].

Для оценки присутствия признаков ксероморфизма у сортов сои все образцы были оценены по степени опушенности. Оценка опушенности листьев сортов сои показала, что в поле зрения микроскопа при увеличении 10х10 насчитывается в среднем на образцах собранных с поливного опытного участка от 1,0 до 16,67 шт. волосков, на образцах, собранных с засушника – 1,5-18,6 шт. волосков (рис. 4).



а *б* *в*

а – Huang ke; б – Диндоне; в - Ichiyo Gawari
Рис. 4. Опушение листовой поверхности коллекционных сортообразцов сои

Наибольшее опушение – 22,78 штук волосков отмечено на засушнике у сорта Jilin No 10. По высокой опушенности листьев выделены образцы из коллекции в условиях засухи: Jilin No 10 (22,78 шт), Wong Tau (21,2 шт), Nhat 10 (19,2 шт), Кыэ-шуан (18,6 шт), Tun san bai can ker (18,1 шт), DV-254 (17,6 шт). Отмечены 4 образца, листья которых не имеют опушения (0 шт. волосков): Koshurei No. 35, Ichiyo Gawari, Shimizu 1-8-1, Shiro hadaka 12 (рис. 4).

Подобные образцы в условиях юго-востока Казахстана изучаются впервые.

NDVI – как ответная реакция на стресс. Все коллекционные образцы 6 групп спелости сравнили по среднему значению NDVI в контрастных условиях (орошение и без орошения). Значения NDVI коллекционных образцов при орошении значительно ниже их значений при стрессе от засухи. Отмечена тенденция увеличения значений NDVI по группам спелости с увеличением вегетационного периода как на орошении 0,70-0,844, так и без орошения 0,639-0,710. Уровень максимального накопления биологической массы наблюдался в позднеспелой группе и варьировал в переделах 0,79-0,89 на орошении и 0,71-0,83 на засухе. На основании сравнения значений NDVI на орошении и без, по каждому образцу выделены генотипы, не снижающие значения при стрессе от засухи и наоборот, повышенные по сравнению с орошением: Fiskeby 4 (7,0 и 7,0); Припять (0,64 и 0,64), DV-254 (0,78 и 0,79), Huang ke (0,76 и 0,79), Jilin No. 10 (0,75 и 0,74), Ichiyo Gawari (0,83 и 0,84), Y-48 (0,82 и 0,80), Hakuchuta (0,82 и 0,80), Gong jiao 6308-1 (0,81 и 0,79). Корреляционный анализ NDVI и урожайности у испытываемых образцов на контрастных фонах орошения показал положительную слабую и среднюю уровни корреляции (0,221-0,684) как на орошении, так и на богаре (0,114-0,612) по 0-III группам спелости (табл. 3). Отмечена слабая и средняя положительная корреляция NDVI с высотой растений, как на орошении (0,339-0,770), так и на богаре (0,228-0,674).

Таблица 3

Коэффициент генотипической корреляции

Группы спелости	опыт	Параметры	Урожайность, г/п.м	Высота растения, см	STI	YSI	NDVI
00	богара	урожайность	1	0,487	0,924	0,258	-0,137
		высота растения	0,487	1	0,579	-0,288	0,016
		STI	0,924	0,79	1	-0,100	0,010
	орошение	урожайность	1	0,655	0,947	-0,402	0,221
		высота растения	0,655	1	0,648	-0,293	0,339
		STI	0,947	0,648	1	-0,100	0,179
0	богара	урожайность	1	0,650	-0,282	0,906	0,215
		высота растения	0,650	1	-0,845	0,959	-0,913
		STI	-0,282	-0,845	1	-0,660	0,989
	орошение	урожайность	1	0,839	0,795	-0,980	0,684
		высота растения	-0,998	1	0,338	-0,929	0,770
		STI	0,795	0,338	1	-0,660	0,102
I	богара	урожайность	1	0,422	0,705	0,639	0,612
		высота растения	0,422	1	0,904	-0,376	0,613
		STI	0,705	0,904	1	-0,086	0,597
	орошение	урожайность	1	0,804	0,642	-0,770	-0,146
		высота растения	0,045	1	0,633	-0,592	-0,057
		STI	0,642	0,633	1	-0,086	-0,192
II	богара	урожайность	1	0,293	0,936	0,356	0,114
		высота растения	0,293	1	0,203	0,334	0,674
		STI	0,936	0,203	1	0,054	0,227
	орошение	урожайность	1	0,424	0,800	-0,479	0,243
		высота растения	0,424	1	0,645	0,349	0,340
		STI	0,800	0,645	1	0,054	0,279
III	богара	урожайность	1	0,391	0,797	0,453	0,401
		высота растения	0,391	1	0,409	0,115	0,228
		STI	0,797	0,409	1	-0,034	0,290
	орошение	урожайность	1	0,283	0,847	-0,465	0,036
		высота растения	0,283	1	0,276	-0,214	0,003
		STI	0,847	0,276	1	-0,034	-0,238
IV	богара	урожайность	1	0,397	0,787	0,245	0,027
		высота растения	0,397	1	0,340	0,048	0,281
		STI	0,787	0,340	1	-0,131	0,083
	орошение	урожайность	1	0,317	0,806	-0,462	0,145
		высота растения	0,317	1	0,497	-0,009	-0,131
		STI	0,806	0,497	1	-0,131	-0,059

Заключение

На основании оценки вегетационного периода в условиях юго-востока Казахстана коллекционные образцы сои были разделены на 6 групп спелости: 00, 0, I, III, IV. По результатам первого года испытания на адаптивность коллекции сои к условиям юго-востока РК установлено, что 24 образца отнесенные к IV группе спелости с вегетационным периодом более 160-170 дней не дошли до фазы полной спелости.

Полевое испытание 98 коллекционных образцов в контрастных условиях – орошении и засухи позволило выделить образцы, сформировавшие достаточно высокую урожайность и в условиях богары: в 00 группе – Припять (64 г/м), Танаис (64 г/м); Mapleamber (64 г/м); II группе - Sponsor (125 г/м), Вилана (70 г/м), Xinjiang D11-252 (65 г/м), Селекта 302 (63 г/л); III группе - DV-254 (95 г/м), Букурия (86 г/м), Wase Eda Mame (85 г/м), Ситора (72 г/м), Y-48 (95 г/м), VYTKA 2 (92 г/м), 5913 (76 г/м).

Установлено, что различные индексы, используемые исследователями для оценки засухоустойчивости – индекс засухоустойчивости STI и модифицированные индексы засухоустойчивости сортов K1SYI и K1SYI относительно близки по значениям и могут быть использованы для оценки засухоустойчивости сортов сои. Выявлена прямая генотипическая корреляция урожайности семян и индекса засухоустойчивости (STI) испытываемых образцов по различным группам спелости и контрастных фонах орошения на уровне 0,642-0,947 как на орошении, так и на богаре.

Из коллекции выделено 17 образцов с высоким индексом засухоустойчивости (0,83-4,8). Наиболее высокий индекс засухоустойчивости был отмечен у сортов – Sponsor (4,8), Букурия (2,7), Вилана (1,9), Xinjiang D11-252 (1,7), Жансая (1,6), DV-254 (1,4). Большинство образцов, имеющие высокие индексы засухоустойчивости относятся к II группе спелости.

Анализ изучаемых образцов коллекции по индексу стабильности урожайности YSI позволил выделить образцы со сравнительно стабильной урожайностью, как на орошении, так и на богаре: 00 группа спелости – Красивая мечта (1,1), Fiskeby 4 (1,0), Магева (0,97); III группа спелости - Gong jiao 6308-1 (1,6), Jilin No. 10 (1,0), Kindaizu (0,96), 6575 (0,94).

Рассмотрена возможность использования значений NDVI как ответной реакции на стресс от засухи. Корреляционный анализ NDVI и урожайности у испытываемых образцов на контрастных фонах орошения показал положительную слабую и среднюю уровни корреляций (0,221-0,684) как на орошении, так и на богаре (0,114-0,612) по 0-III группам спелости. Коллекция была охарактеризована по морфологии листа и плотности опушения. Установлено, что большинство образцов получившие высокие значения индекса засухоустойчивости имеют треугольную форму листьев.

Работа выполнена в рамках финансирования Комитета науки МОН РК по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» проекту ИРН AP05131562 «Поиск и применение фенотипических и молекулярных маркеров для оценки рабочей коллекции и в селекции сои на засухоустойчивость».

Литература

1. http://www.fao.org/faostat
2. Specht J.E., Hume D.J., Kumudini S.V. Soybean yield potential - a genetic and physiological perspective // Crop Science. – 1999. - Vol. 39. – P. 1560-1570.
3. Frederick J.R., Camp C.R., Bauer P.J. Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean // Crop Science. - 2001. – Vol.41(3). – P. 759-763.
4. Sadeghipour O., Abbasi S. Soybean response to drought and seed inoculation // World Applied Sciences Journal. – 2012. – Vol.17(1). – P.55-60.
5. Brown E., Brown D., Caviness C. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit // Agronomy Journal. – 1985. – Vol.77 (2). – P. 274-278.
6. Ku Y.Sh., Au-Yeung W.K, Yung Y.L., Li M.W., Wen Ch.Q., Liu X., Lam H.M. Drought Stress and Tolerance in Soybean Chapter 10 P.209-237 Doi.org/10.5772/52945

7. Fernandez, G.C.J. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress Tolerance. Asian Vegetable Research and Development Centre. – Taiwan, 1992. – P. 257-270 p
8. Bouslama M. and Schapaugh, W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // Crop Sci. – 1984. – Vol.24. – P. 933–937 Doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x
9. Farshadfar, E. and Sutka J. Screening drought tolerance criteria in maize // Acta Agron Hung. - 2002. – Vol.50. – P. 411–416. Doi.org/10.1556/AAgr.50.2002.4.3
10. Manavalan L.P., Guttikonda S.K., Tran L.S.P., Nguyen H.T. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean // Plant and Cell Physiology. 2009. V. 50,N. 7. P. 1260-1276. Doi:10.1093/pcp/pcp082
11. Fehr W.R., Cavines C.E. Stages of soybean development. Cooperative Extention Service. - Ames, Iowa: Iowa State University, 1979. – 210 c. Doi. lib.dr.iastate.edu/specialreports/87
12. Вишнякова М.А., Буравцева Т.В., Булынцев С.В. Методические указания по изучению зернобобовых культур.- Санкт- Петербург: ВИР, – 2010. - 48 с.
13. УПОВ TG/80/6 «Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability», – 1998.
14. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои // Научный диалог. Естествознание и экология. – 2012. – Вып. – № 7. – С.40-59.
15. Дидоренко С.В. Кудайбергенов М.С., Абугалиева С.И., Туруспеков Е.К. Признаки продуктивности сортообразцов скороспелой коллекции сои (Glycine. Max) в условиях юго-восточного Казахстана // Конференция научных работников «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии», Новосибирск, 4-6 октября, – 2017. – С 122-124.

THE SEARCH FOR SOURCES OF DROUGHT RESISTANCE AMONG A NEW COLLECTION OF SOYBEAN (GLYCINE MAX) IN CONDITIONS OF SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN

R.S. Erzhebaiyeva, **S.V. Didorenko**, **M.S. Kudaybergenov**,
A.K. Daniyarova, **A.A. Amangeldiyeva**
LLP «KAZAKH SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND PLANT GROWING»

Abstract: *In the South-East of the Republic of Kazakhstan 98 soybean collection samples (Glycine max L.) of domestic and foreign varieties from 20 countries were tested: Russia, Ukraine, Georgia, Belarus, Tajikistan, Latvia, Hungary, Poland, Moldova, Romania, China, Japan, France, Canada, Switzerland, Sweden, Cuba, North Korea, Vietnam and Taiwan. Soybean collection were tested on two contrasting backgrounds to find new drought resistant sources: in the irrigated and rainfed land conditions. 80% of soybean collection was tested in Kazakhstan for the first time. Traits such as length of the vegetation period, plant height, yield, morphology and leaf pubescence, INDV were studied. Various methods related to calculation of soybean drought resistance indexes were developed.*

Based on the assessment of vegetation period, soybean collection samples were divided into 6 maturity groups: 00, 0, I, II, III, IV. It was found that 24 samples, belong to the IV maturity group, have a vegetation period of above 160-170 days do not fully ripen in the South-East of Kazakhstan.

Different indexes (STI, K1SYI, K2SYI) used by researchers to assess drought resistance have relatively similar values and can be used to assess drought resistance of soybean varieties. The direct genotypic correlation of seed yield and drought resistance index (STI) of the tested samples for different maturity groups and contrast backgrounds of irrigation ranged from0.642-0.947 on both irrigated and rainfed land.

17 samples with high drought resistance index (0.83-4.8) were identified from the collection. The majority of samples with high indexes of drought resistance belong to the II maturity group.

The sources of drought resistance with high indicators on three-four trait, Sponsor, DV-254, Y-48, Pripyat, Vilana, Xinjiang D11-252, were identified.

Keywords: soybean, collection, rainfed, irrigation, yield, index of drought resistance, morphological trait.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11117
УДК635.655.581.1

ЭКОЛОГО - ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ СОРТОВ СОИ СЕВЕРНОГО ЭКОТИПА

Е.В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В 2016-2018 годах, контрастных по погодным условиям на 7 сортах и 2 линиях сои селекции ФНЦ ЗБК исследовано влияние метеорологических условий на содержание и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях в связи с устойчивостью к условиям Центрально-Черноземного региона РФ. В среднем за 3 года максимальное содержание Хл а наблюдалось у сортов Мезенка, Свапа, Шатиловская 17 (7,16-7,39 мг/г сухого вещества); Хл b – у Зуши, Мезенки, Свапы (4,63-4,65 мг/г сухого вещества); каротиноидов – у Шатиловской 17, Свапы, Красивой Мечи (1,77-2,24 мг/г сухого вещества). По сумме хлорофиллов выделились Мезенка и Свапа (11,76-11,79 мг/г сухого вещества). Выявлены приспособительные реакции пигментного аппарата сортов сои. В неблагоприятных условиях недостаточной инсоляции избыточно влажного и холодного 2017 г. возрастало количество Хл а и каротиноидов, а в наиболее теплом 2018 г. при избытке солнечного света увеличивалось содержание Хл b. Между содержанием различных форм хлорофилла существует тесная корреляция на уровне r=0,7-0,9. Изменение уровня накопления хлорофиллов и каротиноидов под воздействием метеорологических факторов можно рассматривать как адаптивные реакции, направленные на повышение устойчивости фотосинтетического аппарата в условиях ЦЧР РФ.

Ключевые слова: сорта сои северного экотипа, погодные условия, адаптивность, хлорофиллы, каротиноиды.

Эффективное производство сои при продвижении ее в Центральные регионы России обусловлено в первую очередь экологической пластичностью и стабильностью культуры [1]. В европейской части России благодаря созданию сортов северного экотипа возможно возделывание сои с урожайностью в 1,5-2,0 раза выше, чем в традиционном Дальневосточном регионе [2]. Однако отбор новых форм и сортов осуществляется чаще всего по морфологическим и хозяйственно ценным признакам, что приводит к дисбалансу между генетически заданным числом бобов и ограниченными возможностями фотосинтезирующих органов поставлять ассимиляты к аттрагирующим центрам. Проблема управления эффективностью фотосинтеза чрезвычайно сложна. Для ее решения требуются, в том числе знания о влиянии абиотических факторов на структуру и функции пигментного комплекса.

Хлорофиллы – это основные фотосинтетические пигменты. Хлорофилл *a* (Хл *a*) – универсальный пигмент, осуществляющий преобразование энергии света в энергию разделения зарядов, т. е. первый этап превращения энергии в ходе оксигенного фотосинтеза. Хлорофилл *b* (Хл *b*) – специальный хлорофилл светособирающих антенных комплексов, способствующий увеличению светосбора на низком свету и диссипации избытка поглощенной энергии на высоком свету [3]. Каротиноиды, выполняют светособирающую и светозащитную функции, отводя избыточную энергию возбуждения [4]. Количество хлорофилла – фактор, определяющий интенсивность фотосинтеза и биологическую продуктивность растений [5]. Во время первичной, световой стадии фотосинтеза поглощенная хлорофиллом солнечная энергия трансформируется в энергию химических связей. В хлоропластах образуются НАДФН и АТФ, необходимые для реакций, обеспечивающих продукционный процесс. Первичные процессы запасания энергии света связаны с метаболизмом растительной клетки и могут принимать участие в адаптации растений не только к условиям освещения, но и к другим факторам среды [6]. В качестве

показателей общей устойчивости у растений используют количество и соотношение пигментов в листьях. Способность фотосинтетического аппарата, и в частности его пигментного комплекса, приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям является важнейшей характеристикой устойчивости и адаптации растений [7, 8].

Цель исследований: изучить изменчивость количества и соотношения пигментов в листьях новых сортов сои северного экотипа в связи с адаптивностью к климату ЦЧР.

Материалы и методы исследований

Исследованы 7 сортов и 2 линии. Площадь делянки 7,5 м^2, повторность 4-кратная. Норма высева семян сои 600 тыс. всхожих семян/га. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях определяли в фазу налива бобов по Зеленскому и Могилевой (1980). Для анализа в утреннее время отбирали второй сверху из полностью развернувшихся листьев.

Годы исследований различались по погодным условиям (табл. 1) 2016 год теплый, влажный, с суммой осадков 450,5 мм, превышающей количество осадков в мае – сентябре за 11-летний период (2005-2015 гг.), ГТК = 2,3.

Анатомо-морфологические признаки засухоустойчивости. Морфологические и физиологические приспособления листьев к стрессу засухи позволяют уменьшить потерю воды и повысить эффективность ее использования. Исследователями отмечена тенденция уменьшения листовой поверхности посевов сои для уменьшения транспирации во время дефицита влаги [15]. Более узкие листья сои являются показателями ксероморфности растения. Проведено морфологическое изучение коллекционных образцов сои по форме листа.

Таблица 1

Агрометеорологические условия, г. Орел

Показатели	Месяцы					$\sum t \geq 10\,^{o}C$	ГТК= $\frac{\sum_{осадков} \times 10}{\sum_{эффект.\ tt}}$
	май	июнь	июль	август	сентябрь		
Средняя температура воздуха за месяц, ^{o}C							
Средняя многолетняя	13,8	16,8	18,0	17,0	11,7		
2016 г.	14,2	18,1	20,9	19,9	11,9	1933,0	2,33
2017 г.	12,6	15,8	18,1	19,9	13,7	1929,1	1,90
2018 г.	17,0	18,0	20,4	19,8	16,0	2121,3	1,04
Количество осадков за месяц, мм						∑осадков, мм	
Среднее многолетнее	51,0	73,0	81,0	63,0	67,0		
2016 г.	63,2	68,4	127,6	105,9	20,7	450,5	
2017 г.	54,0	59,8	142,2	87,2	16,0	366,0	
2018 г.	31,9	16,1	109,0	16,5	41,5	239,9	

В 2017 году отмечены температура ниже среднемноголетней на 2-3° С и повышенное увлажнение в период всходы-бутонизация, когда количество осадков превышало среднемноголетние на 60%, ГТК = 1,9, т.е. 2017 г. избыточно влажный, прохладный. Погодные условия 2018 г. характеризовались отклонениями от нормы значений температуры и влажности в течение вегетации.

В период всходы-ветвление в 2018 г. сложились прохладные (температура ниже среднемноголетней на 2°С), засушливые условия (осадков 2,5% нормы). Во время цветения температура была выше нормы на 2-3°С, осадков 30% нормы. Фазы начало плодообразования и налив бобов протекали в благоприятных условиях для сои: температура выше нормы на 3-4°С, влагообеспеченность высокая. 2018 г. в целом теплый, слабо засушливый: сумма эффективных температур за вегетационный период превышает среднемноголетнюю на 352°С, ГТК = 1,0.

Экспериментальные данные обработаны с помощью Microsoft Excel 2007 с учетом методических рекомендаций Б.А. Доспехова (1985).

Результаты исследований

В фазу цветения содержание Хл *a* в неблагоприятных условиях избыточной влажности и пониженной температуры 2017 года в среднем по сортам наиболее высокое за 3 года исследований 7,50 мг/г сухого вещества (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения, средние квадратические отклонения, коэффициенты вариации изменчивости содержания и соотношения пигментов в листьях сои в зависимости от погодных условий, цветение

Год	Содержание пигментов, мг/г сухого вещества				Хл *a* / Хл *b*	Хл *a*+Хл *b* / каротиноиды
	Хл *a*	Хл *b*	Хл *a*+ Хл *b*	каротиноиды		
2016	5,93±0,654	4,16±0,571	10,09±1,161	1,78±0,284	1,43±0,120	5,67±1,218
2017	7,50±0,766	4,00±0,872	11,50±1,153	2,60±0,566	1,88±0,557	4,42±1,690
2018	6,70±0,587	3,80±0,321	10,50±0,541	2,10±0,299	1,76±0,305	5,00±0,666
CV, %						
2016	11,0	14,0	12,0	16,0	8,0	21,0
2017	10,0	22,0	10,0	22,0	27,0	35,0
2018	9,0	9,0	5,0	14,0	16,0	13,0

За счет увеличения количества Хл *a* растения более эффективно используют свет в пасмурную погоду. В теплые 2016 и 2018 годы концентрация Хл *a* была на уровне 5,93-6,70 мг/г сухого вещества. В 2017 году в налив бобов, когда основные физиологические процессы направлены на формирование плодов, стрессоустойчивость растений несколько снижалась и концентрация Хл *a* уменьшалась до 5,80 мг/г сухого вещества. В благоприятных условиях 2016 и 2018 годов физиологическая активность у растений сои не только не снижалась, но и возрастала, о чем свидетельствует увеличение количества Хл *a* на 15-18% в налив бобов по сравнению с фазой цветения (табл. 3). В наиболее теплом и засушливом 2018 году при высокой солнечной инсоляции в налив бобов концентрация Хл *b* увеличивалась на 45%. Этот пигмент обладает защитной функцией и оказывает экранирующее действие на фотосинтетически активный хлорофилл *a* [9]. Отношение Хл *a* / Хл *b* в среднем по сортам максимальное во влажных 2017 и 2018 гг.: 1,9-2,1 в фазу цветения.

Таблица 3

Средние значения, средние квадратические отклонения, коэффициенты вариации изменчивости содержания и соотношения пигментов в листьях сои в зависимости от погодных условий, налив бобов

Год	Содержание пигментов, мг/г сухого вещества				Хл *a* / Хл *b*	Хл *a*+Хл *b* / каротиноиды
	Хл *a*	Хл *b*	Хл *a*+ Хл *b*	каротиноиды		
2016	6,83±1,153	4,09±1,155	10,92±2,110	1,93±0,421	1,67±0,322	5,66±1,395
2017	5,79±0,687	3,34±0,659	9,13±1,267	1,65±0,287	1,73±0,219	5,53±1,459
2018	7,87±0,634	5,53±0,969	13,40±1,475	1,50±0,194	1,42±0,190	8,93±1,585
CV, %						
2016	17,0	28,0	19,0	22,0	19,0	24,0
2017	12,0	20,0	14,0	17,0	20,0	25,0
2018	8,0	18,0	11,0	13,0	13,0	17,0

Каротиноиды, входящие в антиоксидантную систему и противостоящие окислительному стрессу, в большей степени накапливались в неблагоприятном для растений сои 2017 году. В фазу цветения их количество составляет 2,60 мг/г сухого вещества, что выше на 46% и на 24%, чем в 2016 г. и 2018 г. соответственно. Отношение Хл *a*+Хл *b* / каротиноиды в фазу цветения колебалось от 4,8 в 2017 г. до 5,8 в 2016 г. в среднем по сортам. Так как адаптивные возможности растений в период формирования плодов снижаются, в налив бобов содержание каротиноидов в 2017 г. сократилось до 1,65 мг/г сухого вещества.

Каротиноиды являются не только фотопротекторами, но и светосборщиками [10]. Как компоненты антенного комплекса, они способствуют более эффективному использованию солнечного света при пониженной инсоляции. Поэтому повышение уровня желтых пигментов в листьях сои в прохладных, избыточно влажных условиях можно рассматривать как приспособительную реакцию сортов сои северного экотипа.

Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Наиболее низкая изменчивость всех признаков и особенно Хл *a* (8-9%) в течение вегетации отмечена в 2018 г. (табл. 2-3). Хл *b* и каротиноиды отличались значительной изменчивостью в 2016 г. в налив бобов 28% и 22% соответственно и в 2017 г. в фазу цветения 22% по тому и другому признакам. По всем пигментам самый низкий коэффициент вариации в наиболее теплом и засушливом 2018 году.

За годы исследований выявлены достоверные различия по количеству пигментов в листьях сои (табл. 4).

Таблица 4

Содержание пигментов (мг/г сухого вещества) и их соотношение в листьях сортов сои, налив бобов

Сорт	Хл *a*			Хл *b*			Хл *a*+*b*		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Зуша	8,4	5,9	6,6	6,8	3,3	3,8	15,2	9,2	10,4
Кр. Меча	6,1	5,4	7,2	3,5	2,9	4,8	9,6	8,3	12,0
Ланцетная	4,5	6,4	8,0	3,6	3,9	5,1	8,1	10,3	13,1
Мезенка	6,5	7,1	7,9	3,3	4,8	5,8	9,8	11,9	13,7
Осмонь	7,5	4,9	8,1	5,0	3,3	5,4	12,5	8,2	13,5
Свапа	7,1	6,1	8,3	3,6	2,9	7,4	10,7	9,0	15,7
Шатилов.17	8,3	5,2	8,7	4,6	2,6	5,7	12,9	7,8	14,4
Л-216/07	6,0	5,4	7,7	3,0	3,5	6,1	9,0	8,9	13,8
Л-85/09	7,2	5,7	8,3	3,3	3,0	5,6	10,5	8,7	13,9
$НСР_{05}$	1,014	1,341	0,984	1,524	1,182	1,276	2,820	2,218	1,886
$НСР_{05}$ по фактору А (сорт)	0,374			0,410			0,672		
$НСР_{05}$ по фактору В (год)	0,793			0,871			1,425		
	каротиноиды			Хл *a* / Хл *b*			Хл *a*+ *b* / карот.		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Зуша	1,8	1,7	1,4	1,2	1,7	1,8	8,4	5,4	7,4
Кр. Меча	2,0	1,5	1,8	1,7	1,9	1,5	4,8	5,5	6,7
Ланцетная	1,2	1,4	1,3	1,3	1,6	1,6	6,8	7,4	10,1
Мезенка	2,1	1,4	1,4	9,8	1,5	1,4	4,7	8,5	9,8
Осмонь	1,9	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	6,6	5,1	9,0
Свапа	2,1	1,9	1,4	2,0	2,1	1,1	5,1	4,7	11,2
Шатилов.17	2,7	2,2	1,8	1,5	2,0	1,5	4,8	3,5	8,0
Л-216/07	1,9	1,7	1,3	2,0	1,5	1,3	4,7	5,2	10,6
Л-85/09	1,7	1,3	1,6	2,2	1,9	1,5	6,2	6,7	8,7
$НСР_{05}$	0,842	0,703	0,408	0,558	0,401	0,308	2,840	2,542	3,022
$НСР_{05}$ по фактору А (сорт)	0,183								
$НСР_{05}$ по фактору В (год)	0,388								

В среднем за 3 года максимальное содержание Хл *a* наблюдалось у сортов Мезенка, Свапа, Шатиловская 17 (7,16-7,39 мг/г сухого вещества); Хл *b* – у Зуши, Мезенки, Свапы (4,63-4,65 мг/г сухого вещества); каротиноидов – у Шатиловской 17, Свапы, Красивой Мечи (1,77-2,24 мг/г сухого вещества). По сумме хлорофиллов выделились Мезенка и Свапа (11,76-11,79 мг/г сухого вещества). Между содержанием Хл *a* и Хл *b* установлена тесная

корреляция на уровне r=0,671-0,772 во все годы исследований. В 2016 г. отмечена положительная взаимосвязь между Хл *a* и каротиноидами (r=0,632).

Заключение

На содержание и соотношение пигментов в листьях сои существенное влияние оказывают экологические факторы, прежде всего, погодные условия года, под воздействием которых пигментная система растений сои проявляет адаптивные свойства: в неблагоприятных условиях недостаточной инсоляции избыточно влажного и холодного 2017 г. возрастает количество Хл *a* и каротиноидов (цветение), а в наиболее теплом 2018 г. при избытке солнечного света увеличивается содержание Хл *b* (налив бобов). По содержанию хлорофиллов выделились сорта Мезенка и Свапа; каротиноидов – Шатиловская 17.

Между содержанием различных форм хлорофилла существует тесная корреляция на уровне r=0,7-0,9. Изменение уровня накопления хлорофиллов и каротиноидов под воздействием метеорологических факторов можно рассматривать как адаптивную реакцию, направленную на повышение устойчивости фотосинтетического аппарата.

Таким образом, пигментный комплекс играет существенную роль в формировании устойчивости сортов сои северного экотипа к погодным условиям Центрально-Черноземного региона РФ.

Литература

1. Агаркова С.Н., Новикова Н.Е., Беляева Р.В., Головина Е.В., Беляева Ж.А., Цуканова З.Р., Митькина Н.И. Особенности формирования продуктивности и адаптивных реакций у сортов зернобобовых культур с рецессивными аллелями генов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, – 2016. – Т. 177. – В. 2. – С. 22-39.

2. Инновационные технологии возделывания масличных культур. – Краснодар: Просвещение-Юг, – 2017. – 256 с.

3. Тютерева Е.В., Иванова А.Н., Войцеховская О.В. Фотосинтез без хлорофилла b: уникальная организация фотосинтетического аппарата мутанта ячменя chlorina 3613 // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В.Л. Комарова): Труды международной научной конференции., СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», – 2014. – С. 190-203.

4. Demmig-Adams B., Gilmore A.M., Adams W.W., III. In vivo function of carotenoids in higher plants // FASEB J. – 1996. V. 10. – P. 403-412.

5. Лаханов А.П., Коломейченко В.В., Фесенко Н.В. и др. Морфофизиология и продукционный процесс гречихи - Орел, 2004. – 433 с.

6. Рубин А.Б., Венедиктов П.С., Кренделева Т.Е. Регуляция первичных стадий фотосинтеза при изменениях физиологического состояния растений // Фотосинтез и продукционный процесс. – М.: «Наука», – 1988. – С. 29-39.

7. Головко Т.К., Далькэ И.В., Дымова О.В., Захожий И.Г., Табаленкова Г.Н. Пигментный комплекс растений природной флоры европейского Северо-Востока // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Сыктывкар, – 2010. – № 1. – С. 39-46.

8. Головина Е.В. Научно-теоретическое обоснование возделывания сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ: автореф. дис. … доктора с.-х. наук. – Пенза, – 2016. – 41 с.

9. Куренкова С.В. Пигментная система культурных растений в условиях подзоны средней тайги европейского Северо-Востока / Екатеринбург, – 1998. – 114 с.

10. Cuttriss A., Pogson B. Carotenoids // Plant Pigments and Teir Manipulation / Davies, K.M., Ed., Boca Raton: CRC, – 2004. – P. 57-91.

ECOLOGICAL AND GENETIC VARIABILITY OF PIGMENT CONTENT IN THE LEAVES OF SOYBEAN VARIETIES OF THE NORTHERN ECOTYPE

E.V. Golovina

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In 2016-2018 years with contrasting weather conditions on 7 varieties and 2 lines of soya developed by VNIIZBK the influence of meteorological conditions on the content and ratio of photosynthetic pigments in the leaves was studied in connection with resistance to the conditions of the Central Black Earth region of the Russian Federation. At the average for 3 years maximal content of chlorophyll a was observed for varieties Mezenka, Svapa, Shatilovskaya 17 (7,16-7,39 mg/g of dry substance); chlorophyll b – for Zusha, Mezenka, Svapa (4,63-4,65 mg/g of dry substance); carotenoids –for Shatilovskaya 17, Svapa, Krasivaya Mecha (1,77-2,24 mg/g of dry*

substance). By the amount of chlorophylls stood out Mezenka and Svapa (11,76-11,79 mg/g of dry substance). Identified adaptive reactions of the pigment apparatus of soybean varieties. In adverse conditions of insufficient insolation of excessively wet and cold in 2017 increased the number of chlorophyll a and carotenoids, and in the warmest 2018 year with excess sunlight, the content of chlorophyll b increased. There is a close correlation between the content of various forms of chlorophyll at the level r=0,7-0,9. Changes in the level of accumulation of chlorophylls and carotenoids under the influence of meteorological factors can be considered as adaptive reactions aimed at increasing the stability of the photosynthetic apparatus in the conditions of the Central Chernozem Region of the Russian Federation.

Keywords: soybean varieties of the northern ecotype, weather conditions, adaptability, chlorophylls, carotenoids.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11118
УДК 633.367/577.1

БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕМЯН ЛЮПИНА (*LUPINUS* L.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Г.П. ЕГОРОВА, Т.В. ШЕЛЕНГА, кандидат биологических наук
Г.И. ПРОСКУРЯКОВА
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»

В статье представлены результаты изучения биохимического состава семян образцов 4 видов Lupinus L. из коллекции ВИР. Показано, что содержание белка в семенах варьировало от 33,9 до 49,7%. Наибольшим содержанием белка отличались образцы L. ornatus Dougl. (в среднем 46,1%). Содержание масла в семенах исследованных образцов составило 4,6 – 11,9%. Наиболее высокое содержание масла (8,6-11,8%) отмечено у L. pubescens Benth. *В масле семян исследованных видов люпина основными жирными кислотами являются линолевая (31-65,2%), олеиновая (14,6-48,1%), пальмитиновая (8,3-19,7%) и линоленовая (1,5-13,1%). Во всех образцах наблюдалось высокое содержание ненасыщенных жирных кислот (НЖК) – от 88 до 91% от общего содержания жирных кислот. Образцы L. nanus отличались самым высоким среди изученных видов содержанием олеиновой (32,3%), линоленовой (9,5%), и самым низким – пальмитиновой (12,6%) кислот. Проведен корреляционный анализ, в результате которого выявлена отрицательная корреляция между содержанием олеиновой и линолевой кислоты (r=-0,93). В результате однофакторного дисперсионного анализа установлено, что наибольшее влияние на содержание белка, масла и его жирно-кислотный состав оказывает генотип (69-81%), несколько меньшее – вид и происхождение (41-51% и 9-48% соответственно) образцов. Место и год репродукции не оказывали достоверного влияния на изученные признаки. На содержание пальмитиновой кислоты у изученных образцов достоверно оказывал влияние только вид (9%). Выделены образцы с высоким содержанием масла и белка.*

Ключевые слова: люпин, коллекция, содержание белка, жирные кислоты, селекция.

Люпин – важная сельскохозяйственная культура многоцелевого использования. Доместикация люпина началась более 4 тысяч лет назад. В Древнем Египте, Риме, Перу его выращивали как пищевое, кормовое растение, использовали в качестве лекарственного средства и удобрения, повышающее плодородие почвы [1].

В настоящее время люпин является не только кормовой сельскохозяйственной культурой, но и возможным источником получения низко- и высокомолекулярных соединений для химических целей [2]. Все большее значение он занимает как пищевая культура. Продукты питания, имеющие в своем составе волокна люпина, предотвращают

ожирение, сахарный диабет и другие заболевания. Люпиновая мука и белковая паста являются сырьем для современного производства макаронных и кондитерских изделий, заменителей молока, соусов и других пищевых продуктов с лечебно-профилактическими свойствами, а также применяются при изготовлении продуктов детского питания [3]. На основе люпина создается альтернативное питание для людей, страдающих диабетом. Экстракты из семян горького люпина имеют потенциальную фармакологическую ценность, оказывают влияние на артериальное давление, биоэлектрическую активность сердца, моторную и психическую активность. Алкалоиды люпина можно использовать как природный инсектицид. Изучается возможность применения экстрактов люпина в качестве регуляторов роста растений. Люпин может служить сырьем для производства искусственного волокна, клея, красок, пластмассы, различных лекарственных средств. Масло люпина обладает антиоксидантными свойствами и широко применяется в косметологии и фармакологии. Кроме того, люпиновое масло богато каротиноидами и используется в масложировой промышленности для обогащения пищевых масел. Все чаще люпин используется в цветоводстве, лесоводстве, бортничестве, фармакологии и медицине. Выращивание люпина в качестве зеленого удобрения позволяет существенно улучшить структуру почвы, обогатить ее азотом (азотофиксирующая способность люпина выше, чем у многих бобовых культур) и фосфором. Среди сидератов люпин занимает одно из первых мест, а для песчаных почв является ведущей культурой.

Питательная ценность люпина связана прежде всего с высоким содержанием белка в семенах (30-50%) и зеленой массе (16-25%), благоприятным соотношением аминокислот, а также незначительным количеством ингибиторов трипсина [4]. Кроме того, семена содержат тиамин, рибофлавин, пиридоксин, биотин, лютеин, фолиевую и аскорбиновую кислоты, клетчатку, а также богатый спектр минеральных солей: калий, железо, цинк, медь, кальций, селен, марганец. Важным компонентом семян люпина является масло (5-20%). Растительные масла по своему составу являются смесью сложных эфиров глицерина и жирных кислот, а также содержат другие жирорастворимые вещества. Растительные масла обладают ценными пищевыми и биологическими свойствами, что обуславливает их разнонаправленное использование, в том числе в медицинских целях. Это объясняет интерес к получению новых видов растительных масел и изучению их свойств. Значительная доля в составе масла люпина приходится на полиненасыщенные жирные кислоты: линолевую, олеиновую и линоленовую. Эти кислоты являются важнейшими биоэффекторами, регулирующими внутриклеточные процессы организма, что объясняет ценность масла люпина [5]. Масло семян люпина - уникальный продукт, богатый полиненасыщенными жирными кислотами, не уступающий по качеству растительным маслам высокого класса, таким как льняное и оливковое [6]. Считается, что наиболее масличными являются два вида люпина: белый (*Lupinus albus* L.) и изменчивый (*L. mutabilis* Sweet) (11-12% и до 20% масла соответственно). Кроме того, в семенах этих видов содержится значительное количество белка: у белого люпина до 50%, у изменчивого свыше 50%. По литературным данным содержание масла у средиземноморских видов люпина изменяется от 3,3 до 14,1%, у американских видов оно составляет 3,7-1,5%. Содержание масла в семенах зависит от генотипа, метеорологических условий, приемов возделывания [1]. При этом сильные колебания масличности у одного и того же вида дают основание предполагать, что селекционным путем возможно поднять содержание масла до уровня, представляющего интерес для промышленного производства.

В коллекции ВИР насчитывается 2930 образцов 51 вида, а также около 20 межвидовых гибридов люпина. Коллекция ВИР включает как виды, имеющие в настоящее время важное хозяйственное значение (люпин узколистный, люпин желтый и люпин белый), так и дикорастущие виды. Многие из них являются перспективными для использования в селекции. Страны Старого Света представлены 9 видами люпина, страны Нового Света – 42 видами. Из образцов, относящихся к видам Нового Света, 80% относится к диким формам, остальные 20% – селекционный материал и немногочисленные сорта. Многие из этих видов являются носителями ценных хозяйственных признаков,

например, высокого содержания белка, масла, сбалансированного сочетания жирных кислот и т.д. Биохимический состав семян многих американских видов люпина отличается как высоким содержанием белка, так и масла. В частности, высокий процент масла и белка отмечен в семенах люпина украшенного (*L. ornatus* Dougl.) и опушенного *L. pubescens* Benth. (9,54 и 46,09%; 10,54 и 44,09% соответственно) [7].

Цель исследований – изучение содержания белка и масла у видов *Lupinus* L., поиск образцов с оптимальным соотношением жирных кислот в масле для дальнейшего использования их в селекционном процессе. В задачи работы входило выявление связи между содержанием белка, масла и показателями отдельных жирных кислот, их зависимости от генотипа, вида, происхождения, года и места репродукции.

Материалы и методы исследований

Материалом служила коллекция люпина ВИР. Образцы семян люпина репродуцировались в 2005, 2014, 2015, 2017 гг. в условиях экспериментального поля «НБП Пушкинские и Павловские лаборатории» (Санкт-Петербург) и в 2001, 2002, 2004, 2008, 2012, 2015 гг. на территории Екатерининской опытной станции – филиала ВИР (Тамбовская обл.). Экспериментальное поле «НБП Пушкинские и Павловские лаборатории» расположено в Приневской низменности. Климат континентальный с элементами морского. Почвы дерново-подзолистые, суглинистые, средне-окультуренные. Средняя многолетняя сумма активных температур выше +10^{o}C – 1680 (1400-1900°C), среднегодовая сумма осадков 540 (550-650) мм. Филиал «Екатерининская опытная станция ВИР» располагается на севере Центральной черноземной полосы в Тамбовской области. Климат умеренно-континентальный, почвы – типичные черноземы, выщелоченные и оподзоленные. Средняя многолетняя сумма активных температур выше +10^{o}C – 2480 (2300-2600°C), среднегодовая сумма осадков 502 (450-550) мм. Агротехника проведения опытов общепринятая для зоны выращивания. Посев образцов, сбор и подготовку семенного материала для биохимических исследований осуществляли согласно методике ВИР по изучению коллекции зернобобовых культур [8]. Было изучено 30 образцов 4 видов люпина – *L. elegans* H.B.K (люпин элегантный), *L. nanus* Dougl. (люпин карликовый), *L. ornatus* Dougl. (люпин украшенный), *L. pubescens* Benth. (люпин пушистый) (табл. 1), поступивших в коллекцию в разные годы в результате выписки семенного материала.

Таблица 1

Число изученных образцов

Вид	Число образцов
Люпин элегантный (*L elegans* H.B.K.)	13
Люпин карликовый (*L. nanus* Dougl.)	5
Люпин украшенный (*L. ornatus* Dougl.)	6
Люпин пушистый (*L. pubescens* Benth).	6
Всего	30

Представлены образцы разного географического происхождения из 8 стран (Беларусь, Венгрия, Германия, Россия, США, Украина, Чехословакия, Швеция). В изучение взят как селекционный материал, так и дикорастущие виды.

Содержание масла в образцах семян люпина определяли по сухому обезжиренному остатку. Белок изучали по методу Кьельдаля на приборе KjeltecAuto 1030 (Швеция). Жирно-кислотный состав определяли с помощью газожидкостной хроматографии на приборе Agilent 6850 (США). Анализ проводили по методикам, принятым в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР [9]. Содержание белка и масла анализировали за 2 года изучения. Жирнокислотный состав определяли по 3 годам изучения.

Для статистической обработки результатов исследований была сформирована база данных (БД) по следующим показателям: номер каталога, вид, происхождение образца, год и место репродукции, содержание белка, масла, лауриновой, миристиновой, пальмитиновой, пальмитолеиновой, стеариновой, вакценовой, олеиновой, линолевой, линоленовой,

арахиновой и бегеновой кислот. Статистический анализ проводили с помощью программы Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., USA). Исследовали корреляционные связи между содержанием белка, масла и его жирно кислотным составом в семенах люпина, их в зависимости от года и места репродукции, вида, происхождения и генотипа образцов. Достоверность влияния перечисленных факторов на содержание белка, масла и показатели жирных кислот определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа [8, 10].

Результаты исследований и их и обсуждение

Содержание белка в семенах изученных видов составило от 33,9 до 49,7%, в среднем 42,9%. Самым низким содержанием белка (среднее 37,7%) отличался образец к-2940 (*L. elegans*, Украина). Наибольшее содержание белка отмечено у образца к-3012 (среднее 47,4%) (*L. ornatus*, Беларусь). У ряда образцов данный показатель имел стабильное значение, независимо от года и места репродукции (к-3015, *L. ornatus*, Беларусь; 1569, *L. elegans*, Чехословакия; 1322, *L. elegans*, Украина (рис. 1).

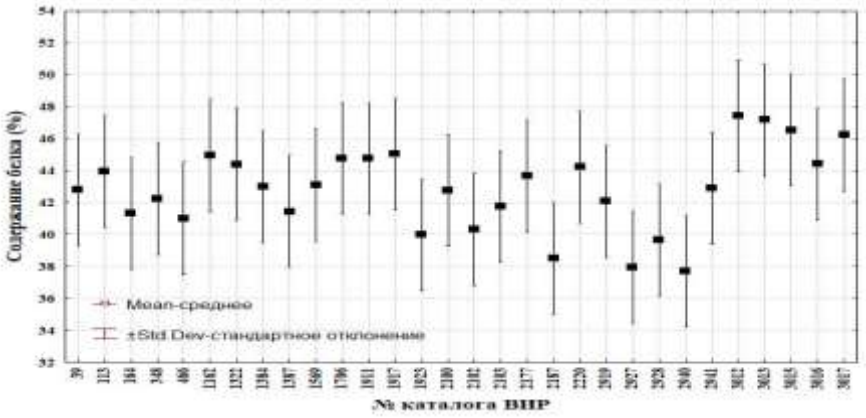


Рис. 1. Содержание белка в семенах люпина, (%)

Наибольшим содержанием белка отличались образцы *L. ornatus* (в среднем 46,1%), при этом у различных образцов *L. ornatus* он изменялся от 42,3 до 49,7%. Наименьшее содержание белка отмечено у образцов *L. nanus* – от 33,9 до 42,8% (в среднем 39,7%). Вариабельность этого признака у изученных видов была незначительной (коэффициент вариации (CV) от 4,7 до 5,3%). Самым изменчивым по содержанию белка в семенах был *L. nanus* (CV – 6,9%).

Содержание масла у исследованных образцов составило от 4,6 до 11,9%. Меньше всего масла (среднее 6,4%) содержалось в образце к-2927 (*L. nanus,* США). Наибольшее содержание масла отмечено для образцов к-1322 (среднее 10,9%) (*L. pubescens,* США) и к-2103 (среднее 11,1%) (*L. pubescens*, Швеция) (рис. 2). При этом, данный показатель для образца к-2103 отличался стабильно высокими цифрами, независимыми от года и места репродукции.

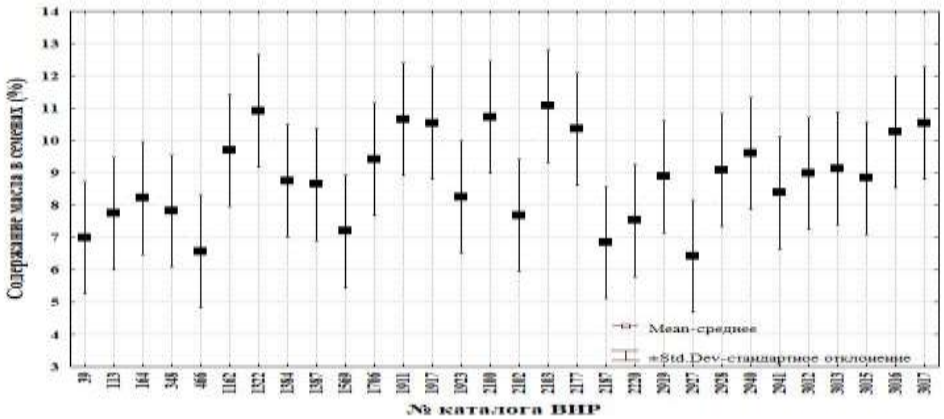


Рис.2 Содержание масла в семенах люпина, (%)

В семенах люпина украшенного содержание масла составило 7,8-11,9%, у люпина элегантного – 6,0-11,3%, у люпина карликового – 4,68,9%. Наиболее высокое содержание масла (8,6-11,8%) отмечено у люпина пушистого. По сравнению с содержанием белка содержание масла было более изменчивым признаком. Слабая вариабельность отмечена у *L. pubescens* (CV – 9,5%). Коэффициент вариации содержания масла у *L. ornatus* и *L. nanus* составил соотвественно 11,4 и 16,3%. Средняя изменчивость содержания масла отмечена у *L. elegans* (CV – 17,2%).

У всех изученных образцов было определено содержание 11 жирных кислот: лауриновой (С 12:0), миристиновой (С 14:0), пальмитиновой (С 16:0), пальмитолеиновой (С 16:1), стеариновой (С 18:0), вакценовой (С 18:1 с 11), олеиновой (С 18: 1), линолевой (С 18: 2), линоленовой (С 18: 3), арахиновой (С 20), бегеновой (С 22: 0). Во всех образцах наблюдалось высокое содержание ненасыщенных жирных кислот (НЖК) – от 88 до 91% от общего содержания жирных кислот. Было показано, что в масле семян люпина исследованных видов основными жирными кислотами являются линолевая (31-65,2%), олеиновая (14,6-48,1%), пальмитиновая (8,3-19,7%) и линоленовая (1,5-13,1%). Однако процентный состав определяемых кислот у разных видов несколько различается. В семенах *L. ornatus* НЖК составляют в среднем 81%, при этом большая часть (50%) приходиться на линолевую кислоту. Самый высокий процент содержания этой кислоты (54,3%) отмечен у образцов *L. elegans*. Среднее содержание олеиновой кислоты составляет 26,1%. При этом для *L. pubescens* и *L. nanus* отмечено более высокое ее содержание (29,5 и 32,3% соответственно). Важным показателем ценности масла при использовании его в питании является соотношение линолевой и линоленовой кислот. Для рационального повседневного питания оно составляет 10:1, для лечебного – 3-5:1. У изученных видов люпина это соотношение варьировало от 4,5 до 12,8.

Наиболее интересным в этом отношении является *L. nanus*, у которого этот показатель составляет 4,5. Семена этого вида также отличаются самым высоким среди изученных видов содержанием олеиновой (32,3%) и линоленовой (9,5%) кислоты, при этом для этого вида характерно самое низкое содержание пальмитиновой (12,6%) кислоты. Во всех исследованных образцах наблюдается невысокое содержание таких ненасыщенных жирных кислот как пальмитолеиновая (0,01-0,6%) и вакценовая (0,02-0,6%). Кроме того, в изученных образцах отмечено незначительное содержание насыщенных кислот: стеариновая (0,5-3), лауриновая (0,01-2,55%), миристиновая (0,01-0,7%), бегеновая (0,1-1,1%) и арахиновая (0,2-2,5%) (рис. 3).

Необходимо отметить, что у некоторых видов сочетаются высокое содержание белка и масла. В частности, у *L pubescens* определены средние показатели содержания белка на уровне 44,1% и масла 10,6%. Выделены образцы: к-1322 с содержанием масла 10,9%, белка 44,4% и к-1917 с содержанием масла 10,6%, белка 45%.

Для выявления общих закономерностей и возможных связей между содержанием белка, масла, жирных кислот и видом, генотипом, годом и местом репродукции был проведен корреляционный анализ. Были выявлены средние и слабые положительные корреляционные связи между содержанием белка и видом люпина (r=0,41), содержанием масла (r=0,44), содержанием бегеновой (r=0,66), пальмитолеиновой (r=0,61), арахиновой (r=0,43), вакценовой (r=0,31) кислот и отрицательная корреляции с содержанием линоленовой кислоты (r=-0,47).

Средние и слабые положительные связи отмечены между содержанием масла и видом (r=0,56), содержанием пальмитолеиновой (r=0,58), бегеновой (r=0,46), арахиновой (r=0,42), лауриновой (r=0,35), стеариновой (r=0,35) кислот и отрицательная корреляции с содержанием линоленовой кислоты (r=-0,42).

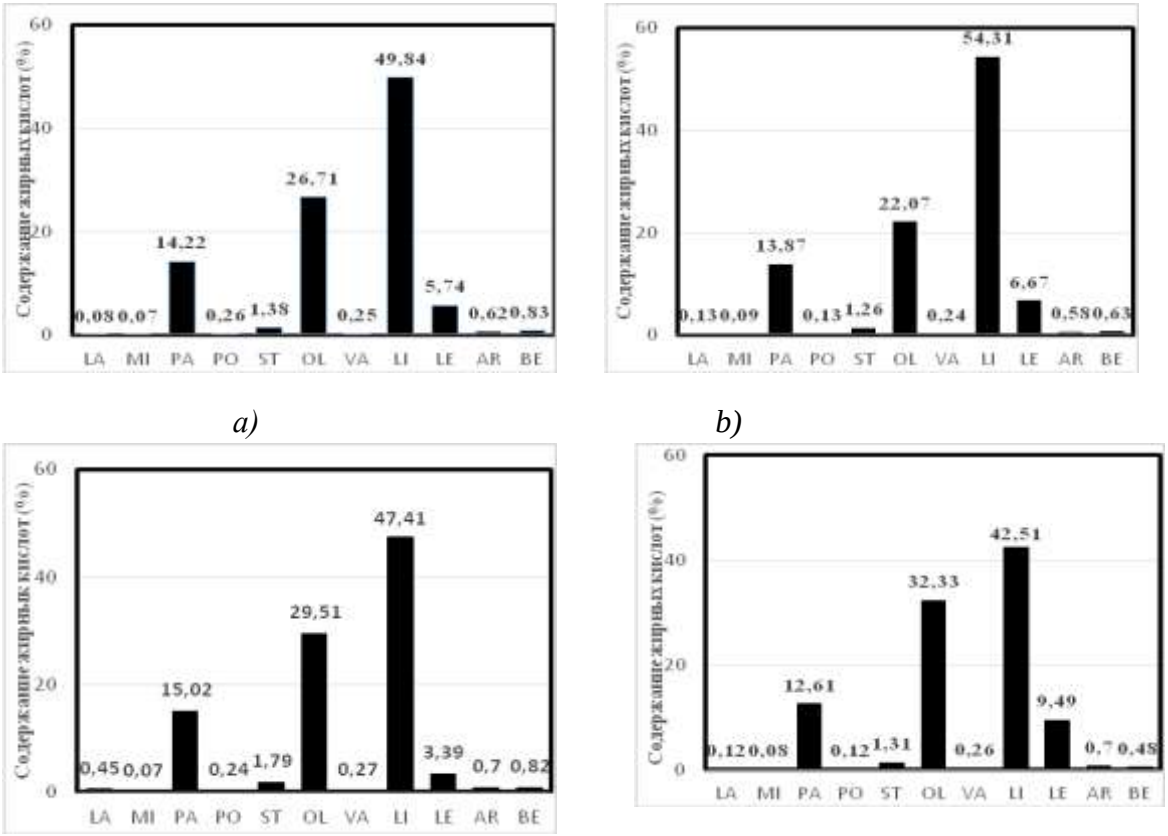


Рис. 3. Содержание жирных кислот в семенах разных видов люпина:
a) – L. ornatus Dougl., b) – L. elegans H.B.K, c) – L. pubescens Benth., d) – L. nanus Dougl.
Условные обозначения: LA – лауриновая кислота, MI – миристиновая, PA – пальмитиновая, PO – пальмитолеиновая, ST– стеариновая, OL– олеиновая, VA – вакценовая, LI – линолевая, LE – линоленовая, AR – арахиновая, BE – бегеновая.

Между содержанием жирных определены положительные и отрицательные корреляции средней силы. Сильные положительные корреляции отмечены между содержанием вакценовой и арахиновой (r=0,72), вакценовой и бегеновой (r=0,71) кислоты, а также между содержанием арахиновой и бегеновой кислоты (r=0,77). Тесная отрицательная корреляция выявлена между содержанием олеиновой и линолевой кислоты (r=-0,93) (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляций содержания жирных кислот в семенах люпина

	LA	MI	PA	PO	ST	OL	VA	LI	LE	AR	BE
LA	1,00	-0,12	-0,11	0,22	**0,41**	0,19	0,25	-0,17	**-0,30**	0,19	0,23
MI		1,00	-0,08	-0,08	-0,08	-0,12	-0,04	0,13	0,11	0,05	-0,12
PA			1,00	0,05	0,25	-0,19	**-0,55**	0,04	-0,16	**-0,52**	**-0,38**
PO				1,00	**0,40**	0,23	**0,36**	-0,20	**-0,51**	**0,63**	**0,68**
ST					1,00	0,22	-0,07	**-0,27**	**-0,37**	0,19	0,18
OL						1,00	**0,30**	**-0,93**	**-0,33**	0,22	0,19
VA							1,00	-0,17	**-0,30**	**0,72**	**0,71**
LI								1,00	0,07	-0,11	-0,06
LE									1,00	**-0,33**	**-0,49**
AR										1,00	**0,77**
BE											1,00

**Все коэффициенты корреляции больше ±0,25 достоверны на 5%-ном уровне значимости. Название жирных кислот представлены на рисунке 3.*

Анализ жирнокислотного состава масла семян образцов люпина показал наличие разных по силе корреляционных связей между содержанием отдельных жирных кислот в зависимости от условий их выращивания. Так, для образцов, репродуцированных на экспериментальном поле «НБП Пушкинские и Павловские лаборатории» выявлена сильная положительная связь (r=0,94) между содержанием олеиновой и вакценовой, отрицательная (r=-0,87) – между линолевой и вакценовой кислотами. Для образцов, выращенных в условиях филиала «Екатерининская опытная станция ВИР», определена положительная корреляция между содержанием пальмитолеиновой и арахиновой (r=0,73), пальмитолеиновой и бегеновой (r=0,72), и отрицательная – между лауриновой и бегеновой (r=-0,76) кислотами.

Достоверность влияния происхождения, генотипа, места и года репродукции на содержание белка, масла и жирнокислотный состав масла семян люпина оценили с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Генотип и вид достоверно влияли на содержание белка и масла. Место и год репродукции не оказывали существенного влияния на данные показатели. Наибольшее влияние на содержание белка оказывал генотип (67%), вид (47%) и происхождение (28%). Доля влияния генотипа на содержание масла была несколько больше (72%), вид меньше влиял на содержание масла (42%), происхождение – достоверного влияния не оказывало (табл. 3).

Таблица 3

Результаты однофакторного дисперсионного анализа по выявлению влияния генотипа, происхождения и вида на содержание белка и масла в семенах люпина

Виды изменчивости	Df	SS	MS	F	p	Доля влияния
Содержание белка						
Генотип	29	388,5	13,4	2,27	0,014580	68,68
Остаточная изменчивость	30	177,3	5,9			
Общая изменчивость	59	565,7				
Вид	3	264,02	88,01	16,34	0,000000	46,67
Остаточная изменчивость	56	301,70	5,39			
Общая изменчивость	59	565,73				
Происхождение	7	158,84	22,69	2,90	0,012302	28,08
Остаточная изменчивость	52	406,89	7,82			
Общая изменчивость	59	565,73				
Содержание масла						
Генотип	29	110,751	3,819	2,619	0,005331	71,7
Остаточная изменчивость	30	43,747	1,458			
Общая изменчивость	59	154,498				
Вид	3	64,883	21,628	13,515	0,000001	41,99
Остаточная изменчивость	56	89,615	1,600			
Общая изменчивость	59	154,498				

Df – число степеней свободы, SS – сумма квадратов, MS – среднеквадратичное отклонение, F – значение критерия Фишера, p – уровень значимости, генотип, происхождение, год, место репродукции и погодные условия – факториальная дисперсия, остаточная изменчивость – остаточная, случайная дисперсия, общая изменчивость – общая дисперсия

На содержание жирных кислот в масле семян люпина наибольшее влияние оказывал генотип исследуемых образцов: линоленовая (доля влияния 81%), олеиновая (77%),

линолевая (63%). Вид и происхождение несколько меньше влияли на содержание линоленовой (доля влияния 51 и 37% соответственно), олеиновой (45 и 48%), линолевой (43 и 38%). На содержание пальмитиновой кислоты достоверное влияние оказывал только вид (9%).

Заключение

Содержание белка во всех изученных образцах превышало 34%. Наибольшим содержанием белка отличался вид *L. ornatus* (в среднем 46,1 %). Содержание масла у исследованных образцов составило от 4,6 до 11,9%. Наиболее высокое содержание масла (8,6-11,8%) отмечено у *L. pubescens*. Показано, что в масле семян люпина исследованных видов основными жирными кислотами являются линолевая (31-65,2%), олеиновая (14,6-48,1%), пальмитиновая (8,3-19,7%) и линоленовая (1,5-13,1%). Семена *L. nanus* отличаются самым высоким содержанием олеиновой (32,3%) и линоленовой (9,5%) кислот, и самыми низкими показателями для пальмитиновой (12,6%) кислоты. В результате корреляционного анализа выявлена сильная отрицательная связь между содержанием олеиновой и линолевой кислот (r=-0,93) в масле. Наибольшее влияние на содержание белка, масла и его жирно-кислотный состав оказывает генотип, несколько меньшее – вид. На содержание пальмитиновой кислоты в масле семян люпина достоверно влияет только вид. Наибольшее содержание масла отмечено для к-2103 (среднее 11,1%) (*L. pubescens*, Швеция). Данный показатель был стабильно высоким независимо от года и места репродукции. Выделены образцы: к-1322 с высоким содержанием масла (10,9%), белка (44,4%) и к-1917 (10,6 и 45%, соответственно). Дальнейшее изучение позволить выявить образцы, которые могут использоваться в качестве исходного материала для селекции и в промышленном производстве.

Литература

1. Майсурян Н.А., Атабекова А.И. Люпин. – М.: Колос. – 1974. – 60 с.

2. Карасева А.Н., Карлин В.В., Миронов В.Ф., Соснина Н.А., Коновалов А.И., Грязнов П.И, Ефремов Ю.Я., Шарафутдинова Д.Р., Кононов А.С., Такунов И.П. Перспективы использования растений рода *Lupinus* для получения растительных масел. // Химия растительного сырья. – 2001. – № 4. – С. 83-86.

3. Кузнецова Л.М. Разработка технологии концентрата белков люпина и ферментированных продуктов на его основе. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Санкт-Петербург – 2014. – 249 с.

4. Лукашевич М.И., Агеева П.А, Новик Н.В. Достижения и перспективы селекции люпина // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 2. – С. 29-32.

5. Пащенко Л.П., Черных И.П., Пащенко В.Л. Перспективы применения люпина в технологии продуктов питания // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 6. – С. 101-102 URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=5155 (дата обращения: 04.04.2019).

6. Коровина Т.М. Жирно-кислотный состав липидов семян различных сортов узколистного люпина // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – № 4. – С. 88-90.

7. Егорова Г.П., Шеленга Т.В., Проскурякова Г. И. Биохимический состав семян видов *Lupinus* из коллекции ВИР. Материалы международной научной конференции «Пути повышения эффективности использования генетических ресурсов зернобобовых в селекции». – СПб. – 2016. – С 53-54.

8. Вишнякова М.А., Булынцев С.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Сеферова И.В., Александрова Т.Г., Яньков И.И., Егорова Г.П., Герасимова Т.В., Другова Е.В.и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. – Санкт-Петербург. ВИР. – 2018. – 143 с.

9. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат. – 1987. – 430 с.

10. Боровиков В.П. Программа Statistica для студентов и инженеров. – М. – 2001. – 300 с.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0002 «Научное обеспечение эффективного использования мирового генофонда зернобобовых культур и их диких родичей из коллекции ВИР».

BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SEEDS OF LUPIN (*LUPINUS* L.) FROM VIR COLLECTION

G.P. Egorova, T.V. Shelenga, G.I. Proskuryakova
FGBNU «FEDERAL RESEARCH CENTER THE N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES»

Abstract: *The article presents the results of studying the biochemical composition of seeds of samples of seeds from L. elegans* H.B.K., *L. nanus* Dougl., *L. ornatus* Dougl., *L. pubescens* Benth. *Protein from lupine seeds ranged from 33,9 to 49,7%. The highest protein content was insignificant (coefficient of variation (CV) from 4,7 to 5,3%). The oil content in the seeds of the studied samples was from 4,6 to 11,9%. The highest content of oil (8,6-11,8%) observed in L. pubescens. The content of the eleven fatty acids was determined. All samples showed a high content of unsaturated fatty acids (EFA) – from 88 to 91% of the total content of fatty acids. It showed that in the lupine seed oil of the studied species, the main fatty acids are linoleic (31-65,2%), oleic (14,6-48,1%), palmitic (8,3-19,7%) and linolenic (1,5-13,1%). An important indicator of the value of oil when used in nutrition is the ratio of linoleic and linolenic acid. The most interesting in this respect is L. nanus, for which this indicator is 4,5. The samples of L. nanus are characterized by the highest among the studied species, the content of oleic (32,3%) and linolenic (9,5%) acids, and the lowest – palmitic (12,6%) acids. As a result of the correlation analysis, the mean values of the correlation between the signs were revealed. There is a strong negative correlation between the oleic and linoleic acid content (-0,93). Samples with a high content of oil and protein were isolated. The greatest effect on the content of protein, oil and fatty has genotype, less effect – species. The best examples with high content of protein and oil (cat-1322 and 1917) were selected.*

Keywords: lupin, fatty acid, protein, oil, selection.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11119
УДК 635.657:631.527

НОВЫЙ СОРТ НУТА АВАТАР

М.В. ДОНСКАЯ, Г.Н. СУВОРОВА, М.М. ДОНСКОЙ,
кандидаты сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Дана характеристика нового сорта нута Аватар. В 2018 г. сорт был включен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ. Отличается высокой урожайностью (более 2 т/га) и отзывчивостью на предпосевную инокуляцию производственными штаммами клубеньковых бактерий Mesorhizobium ciceri. Возделывание сорта Аватар в условиях ЦЧР позволит расширить ареал этой ценной зернобобовой культуры.

Ключевые слова: селекция, нут, продуктивность, сорт, симбиоз.

О культуре нута (*Cicer arietinum* L.) известно с древнейших времен – более 4000 лет. Его возделывали еще древние арийцы, о чем свидетельствует сохранившееся название на санскритском языке. Предполагают, что арийские племена перенесли его в Индию, где он стал важной зерновой культурой и возделывается до настоящего времени. В России первое упоминание о нуте относится к 70-м годам XVIII века. Народные названия свидетельствуют о его популярности и дают точное представление о внешнем виде семян. В различных губерниях его называли бараний или двузерный горох, волохатый, волжский горох, гороховник бараний, грецкий горох, гнут, иерусалимский горох и др. [1].

В настоящее время нут наряду с фасолью, горохом и чечевицей занимает наибольшие посевные площади среди зернобобовых культур в мире. Его выращивают в странах Азии,

Африки, Европы, Америки и Австралии на общей площади более 14,5 млн. га [2]. В России посевные площади под нутом стремительно увеличиваются. Если в 2010 г. его возделывали на площади около 150 тыс. га, то в 2018 г. нут занимал более 850 тыс. га [3]. Это связано с высоким спросом на его зерно.

Благодаря сбалансированному аминокислотному составу и большому содержанию метионина и триптофана по питательной ценности нут превосходит все другие зернобобовые культуры. Зерно нута ценный источник минеральных веществ и витаминов. Его употребляют в пищу обычно в вареном виде, но могут использовать проростки, молодые бобы, зеленые семена и даже цветки [4,5]. Широко применение нута и продуктов его переработки в качестве функциональной добавки в пищевой промышленности [6-8].

В животноводстве зерно нута используют в качестве высокобелкового концентрированного корма отдельно или в составе кормосмесей. Введение его в рацион животных значительно улучшает переваримость [4, 9-11].

Потребительский спрос определяет и основные направления селекции – это высокобелковые крупносемянные сорта с хорошими кулинарными качествами. Однако в нетрадиционных регионах возделывания светлосемянные сорта типа *Kabuli* в сильной степени подвержены аскохитозу, поэтому предпочтение отдается темносемянным сортам типа *Desi*, более устойчивым к этому заболеванию. Принципиальная разница между этими разновидностями нута заключается в том, что *Kabuli* обычно продается целиком, поэтому размер семян и форма критически важны. *Desi* используется в основном для производства муки или напрямую в пищу после удаления семенной кожуры. В России сложилось ошибочное мнение, что эта разновидность нута может использоваться исключительно в кормовых целях.

Нут – культура засушливого климата, его распространение в другие регионы сдерживается отсутствием сортов, адаптированных к конкретным условиям возделывания.

В связи с этим цель исследований заключалась в создании нового сорта нута с оптимальной длиной вегетационного периода и обладающего устойчивостью к неблагоприятным факторам среды для возделывания в условиях северной части Центрально-Черноземного региона РФ.

Условия и методы проведения исследований

Исследования проводили в 2013…2017 гг. в Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур, расположенном в Орловском районе, Орловской области.

Климат Орловской области умеренно-континентальный с достаточным количеством тепла и влаги, подходит для произрастания среднеранних и среднеспелых культур. Сумма положительных температур больше 10°С – 2200…2300 [12].Сумма активных температур за вегетационный период, необходимая для созревания нута, по различным данным составляет от 1800 до 2120^0 С. Таким образом, данный показатель в Орловской области полностью покрывает потребности культуры.

Закладка опытов, проведение учетов и анализов осуществлялись общепринятыми методами. Статистическая обработка данных выполнялась методами биологической статистики с использованием программы Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и обсуждение

В результате многолетних исследований в 2016 г. на государственное сортоиспытание был передан новый сорт нута Аватар (авторы: Донская М.В., Донской М.М., Суворова Г.Н. (ФГБНУ ФНЦ ЗБК), Булынцев С.В., Вишнякова М.А. (ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова), Амелин А.В. (ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина)).

Сорт получен путем индивидуального отбора из образца ВИР к-1507. Разновидность brunneum. Аватар сочетает в себе характеристики необходимые для успешного возделывания в нетрадиционных для культуры условиях северной части ЦЧР. При средней продолжительности вегетационного периода 79 суток, что короче, чем у стандарта

(Краснокутский 123) на 4 суток, он способен формировать стабильную по годам урожайность (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика сорта Аватар в конкурсном сортоиспытании, 2013…2015 гг.

Признак	Аватар				Стандарт Краснокутский 123			
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее
Продолжительность ВП, сутки	60	84	92	79	64	86	99	83
Длина стебля, см	58	65	61	61	65	74	68	69
Высота прикрепления нижнего боба, см	21	31	26	26	27	38	34	33
Число бобов на растении, шт.	28	41	34	34	25	34	25	28
Число семян с растения, шт.	34	58	41	44	22	49	28	33
Масса семян, г	8,1	10,8	10,2	9,6	6,0	10,1	9,7	8,5
Урожайность, ц/га	17,0	22,0	33,0	24,0	14,8	20,0	29,0	21,3
$НСР_{05}$, ц/га	1,02	1,35	1,48					

Средняя урожайность за годы испытаний составила 24 ц/га, что выше, чем у стандарта на 3 ц/га. Наибольшая урожайность в конкурсном сортоиспытании получена в 2015 г. – 33 ц/га. Более высокая урожайность нового сорта достигнута за счет увеличения показателей продуктивности – числа бобов и семян на растении.

Средняя урожайность в Центрально-Черноземном регионе в Государственном сортоиспытании 2016-2017 годов составила 28,2 ц/га, что на 3,9 ц/га выше стандарта. Максимальная урожайность – 33,1 ц/га, получена в 2016 году в Орловской области и – 32,3 ц/га в 2017 году в Тамбовской области.

Всходы зеленые с антоциановой окраской, густоопушенные. Форма растения кустовая (рис. 1). Листья с мелкими эллиптическим листочками, темно-зеленого цвета. Цветки розовые, мелкие, одиночные. Бобы короткие, вздутые, густоопушенные, длиной 2,5 см, шириной 1,2 см, в период полной спелости соломенно-желтого цвета, 1-2-х семянные (рис. 2). Устойчивость к растрескиванию бобов высокая. Семена среднего размера – крупные, угловатые, коричневые, морщинистые, семядоли желтые, рубчик темно-коричневый.

Рис. 1. Растения нута сорта Аватар и стандарта Краснокутский 123

Масса 1000 семян у сорта Аватар составляет 242…254 г (в среднем 249 г), что на 4…14 г выше, чем у стандарта. Содержание белка чуть ниже стандарта (табл. 2). Кулинарные качества отличные.

Таблица 2

Показатели качества семян нута, 2013…2015 гг.

Сорт	Масса 1000 семян, г	Вкусовые качества, балл	Содержание белка, %	Коэффициент разваримости	Время варки, мин.
Аватар	249	5	22,3	2,2	131
Краснокутский 123	241	5	22,8	2,1	117

Рис. 2. Семена и бобы нута сорта Аватар в сравнении со стандартом Краснокутский 123

Сорт характеризуется высокой отзывчивостью на предпосевную инокуляцию производственными штаммами клубеньковых бактерий *Mesorhizobium ciceri*. Применение микробиологических препаратов оказывало положительное влияние на накопление биомассы растениями нута (рис. 3).

Рис. 3. Реакция растений нута сорта Аватар на применение микробиологических препаратов (1 – контроль; 2 – Mesorhizobium ciceri (шт. 527); 3 – грибы АМ Glomus spp.;4 – двойная инокуляция)

Инокуляция семян нута сорта Аватар различными штаммами *Mesorhizobium ciceri* повышало массу сухого растения на 17,9…41,8%, семенную продуктивность на 10,4…33,6 % по сравнению с контрольным вариантом (табл. 3). Максимальное значение нитрогеназной активности 58,2-84,5 мкг N_2/раст./час наблюдалось в варианте со штаммом 065, наибольшее число клубеньков 59-84 шт. – в вариантах со штаммами 065 и 522.

Таблица 3

Влияние инокуляции различными штаммами *Mesorhizobium ciceri* на основные показатели продуктивности нута, 2014-2015 гг.

Название сорта	Вариант опыта	Масса сухого растения, г	Число, шт.		Масса семян с растения, г
			бобов на растении	семян на растении	
Аватар	Контроль	26,8	37,1	49,8	12,5
	Штамм 527	37,0	52,7	67,9	16,0
	Штамм 522	38,0	45,6	61,8	16,7
	Штамм 065	31,6	45,0	59,3	13,8
Краснокутский 123	Контроль	33,7	39,1	48,8	13,4
	Штамм 527	40,3	41,6	49,5	14,0
	Штамм 522	36,7	43,5	53,0	14,3
	Штамм 065	31,5	37,6	43,0	12,5

За время изучения поражения болезнями и вредителями не наблюдалось.

В 2018 г. сорт внесен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ (патент № 9661). Рекомендуется использовать на зернофураж в Центрально-Черноземном регионе.

Таким образом, в результате селекционной работы создан новый высокоурожайный сорт нута Аватар. Сорт имеет коричневые семена и розовые цветки. В условиях Орловской области характеризуется высокой отзывчивостью на инокуляцию ризобиями, устойчив к болезням и вредителям. Возделывание сорта Аватар в условиях северной части ЦЧР позволит расширить ареал этой ценной зернобобовой культуры.

Литература

1. Беднарская И.Г. Бараний горох // Зерновое хозяйство, – 1989. – № 3.– С. 26-28.
2. Электронный ресурс: http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC
3. Электронный ресурс: https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-nuta---klyuchevye-tendencii
4. Столяров О.В., Федотов В.А., Демченко Н.И. НУТ (*Cicer arietinum* L.): Монография. – Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, – 2004. – 256 с.
5. Saxena M.C. Problems and potential of chickpea production in nineties. In Chickpea in the nineties: Proceedings of the second International Workshop on the chickpea Improvement, 4-8 Dec 1989, ICRISAT Center, Patancheru, India, – 1990.
6. Горлов И.Ф., Шалимова О.А., Жадан Ю.В. Применение проростков нута при моделировании рецептур рубленых полуфабрикатов // Все о мясе, – 2007. – № 1. – С. 11-13.
7. Рамазаева Л.Ф., Казанцева И.Л. Инновации и перспективы производства и применения продуктов переработки нута (Обзор) // Хранение и переработка сельхозсырья, – 2011. – № 12. – С. 49-53.
8. Шалимова О.А., Аверина Н.В., Горлов И.Ф. Использование нута и пшеницы как альтернатива сое при создании рецептур колбасных изделий из мяса птицы // Все о мясе, – 2007. –№3. – С. 10-13.
9. Горлов И.Ф., Солженкина М.И., Шалимова О.А. Использование нетрадиционных кормовых добавок в рационах бычков // Вестник РАСХН. – М., – 2009. – № 1. – С. 64-65.
10. Горлов И.Ф., Короткова Н.В., Чепрасова О.В. Зоотехническая оценка использования сорго и нута в рационах сельскохозяйственной птицы // Кормопроизводство, – 2011. – № 3. – С. 46-48.
11. Хорошевская Л., Хорошевская А. Использование нетрадиционной культуры нут для птицы // Птицеводство, – 2012. – № 15. – С. 25-26.
12. Электронный ресурс: http://pogodaorel.ru.

NEW CHICKPEA VARIETY AVATAR

M.V. Donskaya, G.N. Suvorova, M.M. Donskoj
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»
E-mail: office@vniizbk.orel.ru

***Abstract**: The characteristic of a new variety of chickpeas Avatar is given. In 2018, the variety was included in the State Register of selection achievements approved for use in the Russian Federation. It is characterized by high productivity (more than 2 t / ha) and responsiveness to pre-sowing inoculation with industrial strains of nodule bacteria Mesorhizobium ciceri. The cultivation*

of the Avatar variety under the conditions of the Central Chernozem Region will expand the area of this valuable leguminous crop.

Keywords: selection, chickpeas, productivity, variety, symbiosis.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11120
УДК: 635.652/654

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ФАСОЛИ

Н.О. КОСТИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Проведена технолого-кулинарная оценка сортообразцов конкурсного сортоиспытания зерновой фасоли. Изученный материал характеризуется неоднородностью и многообразием форм по исследованным признакам. Выделены образцы с высокими потребительскими и технологическими качествами зерна.

Ключевые слова: фасоль, качество зерна, технологические и потребительские показатели качества.

Продукцию растениеводства приходится хранить до ее реализации часто длительное время, а потом подвергать переработке. Поэтому в стандартах на продукцию растениеводства должны быть введены показатели качества, характеризующие ее пищевую ценность, технологические и потребительские свойства. Требования к качеству продукции дифференцируют в зависимости от направления ее использования. Качество одной и той же продукции может быть признано высоким при использовании ее для одних целей и может оказаться низким при других способах ее использования [1].

В настоящее время наибольшее внимание исследователей уделяется сое, продукты переработки которой находят широкое применение в пищевой промышленности. Однако, не меньшего внимания заслуживает и такая зернобобовая культура, традиционно выращиваемая на территории России, как зерновая фасоль. Она имеет высокую пищевую ценность в связи с наличием в ее составе до 30% белка, витаминов группы В, РР, минеральных веществ и клетчатки [2]. Зерновая фасоль является источником полноценного белка, а также ряда дефицитных для пшеничной муки пищевых веществ – пищевых волокон и минеральных веществ. Фасоль используется в народной и традиционной медицине при нарушениях ритма сердечной деятельности, воспалительных заболеваниях почек и мочевого пузыря, мочекаменной болезни, хронических ревматоидных артритах и подагре, ожирении печени, при гастритах с пониженной кислотностью желудочного сока, полиневрите, диабете.

Белки пшеницы не являются полноценными, в них мало незаменимых аминокислот лизина и метионина, пищевых волокон, невысокое содержание кальция при значительном уровне фосфора [3, 4]. Поэтому в целях повышения пищевой и биологической ценности хлеба из пшеничной муки высшего сорта в качестве рецептурного компонента хлебобулочных изделий предлагается использовать семена зерновой фасоли [5, 6, 7, 8, 9].

Наряду с внедрением в сельскохозяйственное производство высокоурожайных сортов фасоли одной из главных задач сортоиспытания является повышение качества зерна путем подбора сортов, наиболее ценных в технологическом отношении. Выращивание сортов с высокими технологическими свойствами позволяет повысить эффективность использования зерна и семян этой культуры как сырья для перерабатывающей промышленности и улучшить потребительские качества готовой продукции [1, 10].

Помимо требований, предъявляемых государственными стандартами к зерну фасоли как сырью для переработки [11], в лаборатории дополнительно изучается ряд показателей, существенно влияющих на качество вырабатываемой продукции или энергоемкость

технологического процесса. К числу важнейших показателей потребительских свойств можно отнести товарные качества семян зернобобовых культур – цвет, размер, форму, а также показатели, определяющие качество после кулинарной обработки – привар или коэффициент разваримости, длительность варки и органолептические показатели готовой каши – цвет, вкус. Сорта, получившие высокую оценку технологических и потребительских свойств, включаются в список особо ценных сортов [1].

Многие признаки качества зерна непосредственно связаны с технологической эффективностью его переработки, поэтому изучение наиболее важных показателей качества зерна составляет первый этап качественной оценки сортов.

Цель исследований – проведение качественной оценки сортообразцов фасоли из конкурсного сортоиспытания.

Материал и методика исследований

Объектами исследований были соротообразцы фасоли конкурсного сортоиспытания. За годы исследований было проанализировано 63 образца. Отбор проб зерна и определение технологических показателей качества фасоли определялись общепринятыми методами по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [1] и ГОСТов. Крупность и выравненность определялась на лабораторном рассевке-классификаторе. Пленчатость (содержание семенных оболочек) исследовалась путем замачивания навески зерна в горячей воде, последующего снятия их, высушивания до постоянного веса, взвешивания и расчете процентного содержания. Кулинарные достоинства семян фасоли оценивали после варки в приборе ПОР-2 органолептически по результатам дегустации (вкус, цвет). Также учитывали продолжительность варки, коэффициент разваримости (увеличение первоначального веса) и равномерность разваривания.

Результаты исследований

Качество зерна подвержено значительной изменчивости в зависимости от сортовых особенностей фасоли. Изученные сортообразцы характеризуются неоднородностью и многообразием форм по исследованным признакам.

Анализируя технологические показатели качества зерна фасоли КСИ (таблица 1) следует отметить, что крупность варьировала в довольно широких пределах (от 4,5+5,5 до 8,0+7,0 мм). Наиболее крупное зерно было у линий 08-543 (8,0+7,0 мм), 09-197 (7,0+8,0 мм) и 08-401 (7,0+8,0 мм). Выравненность также изменялась значительно (66-96%, при среднем значении 83%, что выше стандарта на 2%) и самое выравненное зерно было у линий 08-401, 02-543 и 08-551 (95%). Имея различную крупность образцы разнились и по такому показателю, как содержание семенных оболочек (8,1-14,3%, при среднем значении 11,3%, что превышает стандарт на 1,4%). Наименьшее количество семенных оболочек имели линии 02-173, 09-197 и 00-106 (соответственно 7,9; 8,1; 8,4%). По сумме технологических показателей выделились образцы 09-197, 08-543, 08-401.

Таблица 1

Технологические показатели качества зерна фасоли (КСИ, 2012-2017 гг.)

Показатели качества	Колебания по сортообразцам		Среднее значение (стандарт)	Лучшие сортообразцы и значения
	min	max		
Содержание семенных оболочек, %	8,1	14,3	11,3 (9,9)	02-173 (7,9) 09-197 (8,1) 00-106 (8,4)
Крупность, мм сит	4,5+5,0	8,0+7,0	- -	08-543 (8,0+7,0) 09-197 (7,0+8,0) 08-401 (7,0+8,0)
Выравненность, %	66	96	83 (81)	08-401 (95) 08-543 (95) 08-551 (95)

При кулинарной оценке зерна фасоли (табл. 2) отмечено, что образцы сильно варьировали по коэффициенту разваримости (2,1-2,5), при среднем значении, равном значению стандарта 2,3, при довольно разном времени варки (83-159 мин).

Таблица 2

Потребительские показатели качества зерна фасоли (КСИ, 2012-2017гг.)

Показатели качества	Колебания по сортообразцам		Среднее значение (стандарт)	Лучшие сортообразцы и значения
	min	max		
Время варки, мин.	83	159	112 (98)	Гелиада (83); 08-443 (88); 12-322 (89).
Коэффициент разваримости	2,1	2,5	2,3 (2,3)	04-197 (2,5); 08-415 (2,4); 04-177 (2,4).
Равномерность разваривания, %	93	98	96 (95)	05-93 (98); 08-543 (98); 08-544 (98).
Вкус, балл	4	5	5 (4)	почти все

Среднее время варки образцов составило 112 минут, что выше стандарта на 14 минут. Наименьшее время варки было у Гелиады (83 мин.), 08-443 (88мин.) и 12-322 (89мин.). По коэффициенту разваримости выделились следующие образцы 04-197 (2,5), 08-415 (2,4) и 04-177 (2,4). Равномерность разваривания изменялась в пределах 93-98% (в среднем – 96%, что на уровне стандарта – 95%). По этому показателю лучшими были образцы 05-93 (98%), 08-543 (98%) и 08-544 (98%).Вкусовые качества зерна фасоли были хорошими и отличными (в среднем 5 баллов).

Заключение

В результате оценки сортообразцов фасоли конкурсного сортоиспытания по качеству зерна были выделены образцы с высокими технологическими и потребительскими показателями. Лучшей по комплексу технолого-потребительских достоинств была новая линия фасоли 08-543. В целях повышения эффективности селекции фасоли на качество зерна целесообразно в селекционной практике шире использовать выделенные по качеству образцы.

Литература

1. Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР / Методические матер.; под.ред. Н.И. Заборского. – М.: Колос, – 1972. Вып. 3-4. 56 с.

2. Колесникова Н.Г. Разработка технологии и оценка потребительских свойств продуктов питания на основе зерновой фасоли для детей школьного возраста: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук.- Краснодар, – 2006.- 22 с.

3. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. 9-е изд.; перераб. и доп ./ Под общ. ред. Л.И. Пучковой. СПб: Профессия, – 2005. – 416 с.

4. Пучкова Л.И., Поландова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба. СПб: ГИОРД. – 2005. – 559 с.

5. Ершова Л.Д., Павлова Г.Н., Кашкарова К.К. Продукты питания на основе зерновой фасоли // Пищевая промышленность. – 2010. – № 2. – С. 48-49.

6. Колесникова Н.Г., Шамкова Н.Т., Иванова Е.В. Использование зерновой фасоли в производстве продуктов функционального назначения // Теория и практика новых технологий в производстве продуктов питания: сб. науч. тр. участников межрегионального науч.-практического семинара 8 апреля 2005 г. Омск: Изд-во «Прогресс» Омского института предпринимательства и права, – 2005. – С. 54-55.

7. Коршенко Л.О., Чижикова О.Г. Использование семян фасоли на пищевые цели // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: мат. V междунар. науч.-технической конф. Воронеж: ВГУИТ, – 2015. – С. 23-25.

8. Коршенко Л.О., Чижикова О.Г., Абдуллаева Н.Н. Добавки из семян бобовых культур для хлебобулочных изделий // Экологическая, продовольственная и медицинская безопасность человечества: мат. Первого междунар. конгр.: в 2 ч. Ч.1. М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2011. - С. 295-296.

9. Шамкова Н.Т., Колесникова Н.Г., Зайко Г.М., Наймушина Е.Г. Перспективы использования бобовых в производстве продуктов питания для детей школьного возраста // Сб. докл. Всероссийской науч.-технической

конф.-выст. «Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации». – М., – 2004. – С. 38-39.
10. Цугкиева В.Б., Шабанова И.А., Кияшкина Л.А. Оценка и качества фасоли при консервировании в зависимости от вида и сорта // Известия Горского государственного аграрного университета.- Владикавказ, – 2013. – Т.50. – № 2. – С. 291-294.
11. ГОСТ 7758-75 Фасоль продовольственная. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, с Поправкой).

TECHNOLOGICAL AND CONSUMER INDICATORS OF QUALITY OF BEAN GRAIN

N.O. Kostikova
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

***Abstract**: Technological and culinary assessment of varietal samples of competitive varietal testing of grain beans. The studied material is characterized by heterogeneity and a variety of forms according to the investigated features. Samples with high consumer and technological qualities of grain are highlighted.*

Keywords: beans, grain quality, technological and consumer quality indicators.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11121
УДК633.171: 631.527

РЕГЕНЕРАНТЫ ПРОСА ПОСЕВНОГО В КОЛЛЕКЦИИ ФНЦ ЗБК

А.И. КОТЛЯР, С.В. БОБКОВ, кандидаты сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Проанализирована коллекция регенерантных форм проса посевного ФНЦ ЗБК. Коллекция включает в себя 20 оригинальных образцов, относящихся к 3 разновидностям. Отмечена роль биотехнологических методов при получении нового исходного материала для селекции, а также использование метода культуры пыльников при создании сорта Регент.

Ключевые слова: просо посевное, коллекция, образец, разновидность, биотехнологические методы, дигаплоиды.

Создание сортов для различных почвенно-климатических зон предполагает использование форм, существенно различающихся по вегетационному периоду, а также адаптивным свойствам. Поэтому селекционерам требуются рабочие и признаковые коллекции, обладающие широким спектром исходных форм со многими хозяйственно ценными признаками. Прогресс в селекции связан, безусловно, с регулярным пополнением и обновлением коллекций новым исходным материалом.

Создание нового исходного материала возможно путём применения традиционного метода гибридизации, поиском естественных мутаций, использованием физического и химического мутагенеза, а также методами биотехнологическими и генной инженерии. В 90-е годы во ВНИИЗБК проводились исследования, направленные на разработку методики получения регенерантов из соматических клеток и пыльников проса посевного [1]. Растения-регенеранты из соматических клеток (сегментов незрелых соцветий) являются источником сомаклональной изменчивости. Культура пыльников направлена на получение дигаплоидных регенерантов проса в результате репрограммирования микроспор на спорофитный путь развития. Дигаплоиды стабилизируют в гомозиготном состоянии селекционно-значимые рекомбинации аллелей, полученных от родителей с различными генотипами. В качестве объектов использовались незрелые соцветия и пыльники лучшего на тот момент сорта ВНИИЗБК Благодатное и его гибридов F_1-F_2. Работа по созданию регенерантов прошла успешно.

Во всех экспериментах использовали среды, содержащие макро- и микросоли по Мурашиге и Скугу (MS), витамины среды B_5, 2 мг/л глицина, 40 г/л сахарозы и 6 г/л агара. Для стимулирования каллусогенеза в культуре сегментов незрелых соцветий в качестве регулятора роста в среды добавляли 2,4-Д в концентрации 2 мг/л. Для индукции

каллусогенеза в культуре пыльников проса использовали среды, содержащие 2 мг/л 2,4-Д, 200-500 мг/л L-глутамина, 500 мг/л миоинозитола и 6 г/л агара. В культуре изолированных пыльников для увеличения числа эмбриогенных каллусов применяли стрессовые воздействия высокими положительными температурами [2]. С целью стимулирования регенерационного процесса эмбриогенные каллусные ткани переносили на питательные среды как с регуляторами роста, так и без них. В качестве регуляторов роста использовали цитокинины и ауксины в различных сочетаниях – преимущественно 6-бензиламинопурин (6-БАП) – 10 мг/л и α-нафтилуксусную кислоту (α-НУК) – 0,5 мг/л.

В культуре *in vitro* сегментов незрелых соцветий (соматические ткани) частота формирования эмбриогенных каллусов зависела от стадии развития соцветий и превышала 80% в период образования цветочных примордиев. Наибольшая эффективность регенерации эмбриогенных каллусов (70% и выше) наблюдалась в результате переноса тканей с калусогенной на оригинальную среду, содержащую 10 мг/л 6-БАП и 0,5 мг/л α-НУК [1]. Сочетание интенсивной регенерации с одновременной активной пролиферацией каллусной массы способствовало получению растений-регенерантов в течение длительного, исчисляемого годами периода времени. Длительное культивирование клеток проса *in vitro* создавало хорошие условия для стимулирования и выявления самоклональной изменчивости.

В культуре изолированных пыльников вначале формировались микрокаллусы зеленоватой окраски размером 0,5…0,7 мм с частотой 0,3…0,5%, которые служили предшественниками эмбриогенных каллусных тканей. В некоторых опытах все микрокаллусы приобретали эмбриогенные свойства, однако эффективность этого процесса не превышала 55%. В целом, частота формирования эмбриогенных каллусных тканей составляла 3,3% при использовании стрессовых воздействий. Наряду с зелёными регенерантами в культуре пыльников получены растения-альбиносы. Для определения происхождения растений-регенерантов (микроспоры или соматические клетки) использовали маркерные гены в гетерозиготном состоянии [3].

Всего было получено более 100 регенерантов из соматических клеток и более 150 – в культуре пыльников [3]. Многие регенерантные линии имели селекционно-ценные признаки. Они проходили изучение в селекционных питомниках, 8 изучались в контрольном питомнике, 1 линия дошла до КСИ и впоследствии стала сортом. Более ценными оказались дигаплоидные линии, полученные в культуре пыльников, поэтому именно из них была сформирована коллекция регенерантных форм в количестве 20 образцов.

В настоящее время коллекция проса посевного ФНЦ ЗБК насчитывает более 300 образцов. В ней имеются группы сортов крупнозёрных, тонкоплёнчатых, ультраранних, мутантных, регенерантные формы, формы с различной окраской зерна, а также доноров генов расоспецифической устойчивости к головне. Ранее были описаны группы сортов [4] и крупнозёрных форм [5]. Коллекция высевается согласно принятой схеме селекционного процесса делянками по 1,8 и 3,6 м^2 [6]. Изучение коллекционных образцов проводится в соответствии с Методическими указаниями ВИР [7].

Из 20 регенерантных образцов коллекции 14 относятся к разновидности субафганикум, 5 – суббадиум и 1 – кокцинеум. Все линии по вегетационному периоду являются среднепоздними.

В 2009-2010 годах регенерантные линии привлекались в качестве родительских форм в скрещивания. С их участием создано более 15 гибридных популяций.

Одна из дигаплоидных линий 2520-R-5 успешно прошла контрольный питомник, конкурсное испытание и под названием Регент была передана на государственное сортоиспытание. С 2014 года Регент внесен в Госреестр селекционных достижений РФ по Центрально-Черноземному региону. Сорт среднепоздний. Продолжительность вегетационного периода 95...105 суток. Разновидность кокцинеум. Высота растений 95…110 см. Метелка развесистая плотная, без антоциана, подушечки не окрашены. Зерно округлое, красное, мелкое. Масса 1000 зерен 6,2...6,7 г. Устойчивость к полеганию и осыпанию

высокая, устойчив к большинству рас головни. Обладает геном резистентности к головне Sp 1. Слабо поражается меланозом. Характеризуется повышенным содержанием белка в зерне (до 15%). Пленчатость 14,5…15,2%. Выход крупы 80...83%. Цвет и вкус каши на уровне стандарта. Регент хорошо адаптирован к условиям средней полосы России. Может быть использован на кормовые цели. Сорт высокоурожайный, максимальная урожайность получена в 2012 г. на Алексеевском ГСУ Белгородской области – 6,6 т/га. Сорт Регент находится в группе сортов коллекции проса ФНЦ ЗБК.

Таким образом, применение методов биотехнологии в селекции позволило не только пополнить коллекцию проса посевного новым исходным материалом, но и создать новый, обладающий ценными характеристиками, сорт проса.

Литература

1. Бобков С.В. Получение корнесобственных регенерантных растений проса в культуре незрелых соцветий и пыльников // Сельскохозяйственная биология. – 2002. – № 5. – С. 65-68.
2. Бобков С.В. Влияние стресса на эффективность эмбриогенного каллусогенеза и регенерации растений в культуре пыльников проса // Доклады РАСХН. – 2007, – № 1. – С. 13-14.
3. Бобков С.В., Сидоренко В.С., Гуринович С.О. Использование растений-регенерантов культуры изолированных пыльников проса в селекционном процессе. // Новые сорта сельскохозяйственных культур – составная часть инновационных технологий в растениеводстве. Сб. науч. материалов Шатиловских чтений. – Орёл: ГНУ ВНИИЗБК, – 2011. – С. 187-193.
4. Котляр А.И., Сидоренко В.С. Сорта проса посевного в коллекции ВНИИЗБК // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4. – С. 70-71.
5. Котляр А.И., Сидоренко В.С. Крупнозёрные формы проса посевного в коллекции ВНИИЗБК // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4. – С. 70-72.
6. Котляр А.И., Сидоренко В.С. Особенности адаптивной селекции проса посевного для центральных регионов России. // Новые сорта сельскохозяйственных культур – составная часть инновационных технологий в растениеводстве. Сб. науч. материалов Шатиловских чтений. – Орёл: ГНУ ВНИИЗБК, – 2011. – С. 179-186.
7. Агафонов Н.П., Курцева А.Ф. Методические указания. Изучение мировой коллекции проса. // Под ред. Г.Е. Шмараева. – Л.: ВИР, – 1988. – 30 с.

REGENERANTS OF COMMON MILLET IN THE COLLECTION FNC ZBK

A.I. Kotlyar, S.V. Bobkov
FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

***Abstract**: Collection of regenerated forms of millet of* FNC ZBK was *analyzed. The collection includes 20 original samples from 3 varieties. The role of biotechnological methods in obtaining a new source material for breeding, as well as the use of the anther culture method in creating Regent variety was noted.*

Keywords: common millet, collections, sample, variety, biotechnological methods, dihaploids.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11122
УДК 632.95:633.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НОВЫМИ ПРЕПАРАТАМИ АО ФИРМЫ «АВГУСТ»

В.Г. АНТОНОВ, Д.А. ДЕМЕНТЬЕВ, кандидаты сельскохозяйственных наук
ЧУВАШСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФАНЦ СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО»
E-mail: optniish@cbx.ru

В статье приводятся результаты исследований, полученные при проведении производственных опытов по изучению эффективности применения новых препаратов АО Фирмы «Август» для комплексной системы защиты посевов озимой пшеницы на серой лесной почве. По результатам производственного опыта установлено, что за счет

снижения степени зараженности болезнями, заселения вредителями и засоренности посевов получен высокий урожай зерна озимой пшеницы 50,3 ц/га, что на 20,7 ц/га выше, чем без их применения. При этом увеличилось: количество сохранившихся растений к началу уборки на 146 шт. на 1 м^2., количество зерен в колосе на 10 шт., натура зерна на 140 г/л., масса 1000 зерен на 8 граммов. Применение комплексной защиты в посевах озимой пшеницы является экономически выгодным: понизилась себестоимость зерна озимой пшеницы на 260 руб./ц, существенно повысилась получаемая прибыль с одного гектара – на 16473 руб./га, то есть рентабельность производства зерна озимой пшеницы повысилась на 62%.

Ключевые слова: озимая пшеница, протравитель, гербицид, фунгицид, инсектицид, засоренность, урожайность, экономическая эффективность.

Озимая пшеница принадлежит к числу наиболее ценных зерновых культур. Хлеб – основной продукт питания человека, зерно – концентрированный корм для сельскохозяйственных животных и сырье для многих отраслей промышленности. В последние годы крупномасштабный экспорт российской пшеницы в определенной степени стал одним из основных экономических инструментов внешней политики страны, несмотря на природные, макроэкономические, технологические, агроэкологические риски и зарубежные санкции [1, 2]. Озимая пшеница по биологическим свойствам относится к наиболее продуктивным сельскохозяйственным культурам. Среди хлебных злаков нет пока равной ей по использованию фотосинтетической активной радиации и формированию урожая зерна, однако её рекордная потенциальная продуктивность часто реализуется только при условии нормальной перезимовки растений и применении агротехники, обеспечивающей хорошую подготовку поля, накопления влаги и внесение достаточных количеств удобрений, защиту растений от сорняков, вредителей и болезней. В свете масштабного применения ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве, в основе которой применение минимальной обработки почвы, неизбежно ведет к интенсивному прорастанию сорняков, увеличению численности вредителей сельскохозяйственных культур и росту поражённости растений патогенными микроорганизмами [3, 4].

Сорные растения конкурируют с культурными растениями за свет, воду и питательные вещества, уменьшая тем самым потенциальную урожайность культуры. Наличие сорной растительности в посевах, по расчетам различных исследований, может сокращать урожайность до 60%, в зависимости от степени засоренности [5].

Вредители и болезни наносят огромный вред растениям. Для борьбы с ними используют различные методы и средства. При этом важно следить за тем, чтобы отдельные мероприятия выполнялись в определенные сроки с учетом биологических и экологических особенностей развития вредителей и возбудителей заболевания.

Материал и методы исследований

Исследование проводилось путем закладки производственного опыта на серой лесной почве Чувашского НИИСХ. Содержание: гумуса 6.2%, подвижного фосфора – 237 мг/кг, обменного калия – 225 мг/кг, pH -5,5. Схема опыта в таблице 1.

Предшественник – горох. Основную обработку почвы провели 24 и 26 августа агрегатом КОS-3,0. Предпосевная обработка почвы на глубину 6 см проведена 30 августа комбинированным почвообрабатывающим агрегатом Паук-6. Посев провели 1 сентября сеялкой СЗ-3,6 протравленными семенами сорта Зимница, репродукции суперэлита. Глубина заделки семян 5 см. Норма высева – 5,5 млн. зерен на гектар или в весовом выражении 220 кг/га. Внесено удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$ и проведена ранняя корневая подкормка аммиачной селитрой дозой 45 кг д.в.

В ходе исследований проведены следующие наблюдения и анализы:

1) Фенологические наблюдения, фито – и энтомологические наблюдения, засоренность посевов – по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1989 [6, 7].

2) Учет урожая по методике полевого опыта (Доспехов Б.А., 1985).

3) Учет экономической эффективности производили путем сопоставления стоимости полученной продукции с производственными затратами.

Таблица 1

Схема защиты озимой пшеницы (2017-2018 гг.)

Препарат/ Баковая смесь	Норма расхода, л/га, кг/га	Вредный объект	Срок и способ обработки
Оплот Трио, ВСК + Табу, ВСК	0,6 +0,4	Твердая и пыльная головня, гельминтоспориозная и фузариозная корневая гниль, плесневение семян, злаковые мухи, хлебные жуки и блошки	Протравливание семян
Бомба, ВДГ+ Ластик Топ, МКЭ + Галоп, Ж	0.03+ 0,5 +0,5	Однолетние и многолетние двудольные сорняки, в. т.ч. устойчивые к 2.4 -Д и МЦПА, злаковые сорняки	Начало кущения второе междоузлие культуры
Кредо, СК+ Аллюр, Ж	0,5 +0,2	Корневые и прикорневые гнили, септориоз, бурая ржавчина, фузариоз колоса, мучнистая роса, гельминтоспориоз, ринхоспориоз	Опрыскивание посевов в фазу начало колошения - конец колошения
Спирит, СК	0,6	Ржавчинные заболевания, септориоз, пиренофороз, ринхоспориоз, фузариоз колоса, гельминтоспориоз, мучнистая роса	Опрыскивание в фазу: конец колошения - начало цветения
Борей Нео, СК	0,15 л/га	Тли, трипсы, хлебные блошки	Опрыскивание при превышении вредителями экономического порога вредоносности
Контроль - без обработки			

Результаты и обсуждение исследований

Составной частью программы оптимизации основных факторов жизни развития растений пшеницы является комплексная защита её, включающая, прежде всего интегрированную защиту растений от болезней, вредителей, сорняков.

Наиболее вредоносными болезнями озимой пшеницы на полях республики являются твердая и пыльная головня, снежная плесень, гельминтоспориозная и фузариозная корневая гниль, бурая ржавчина и септориоз, которые приводят к значительным потерям урожая, а иногда и к полной гибели растений.

Протравливание – наиболее эффективный и универсальный прием, особенно с использованием препаратов комплексного действия, которые уничтожают инфекцию или препятствуют ее развитие в почве, на поверхности и внутри семян. Семена озимой пшеницы перед посевом протравливали трехкомпонентным стробилуринсодержащим системным протравителем Оплот Трио ВСК, дозой 0,6 л/т совместно с инсектицидным протравителем семян Табу ВСК дозой 0,4 л/т (защита от гессенской мухи, озимой совки, шведской мухи).

Один из основных факторов, ограничивающий сбор хозяйствами высоких урожаев сельскохозяйственных культур – значительная засоренность посевов, которая в большей степени определяется запасом семян сорных растений и вегетативных органов размножения в почве.

Посевы озимой пшеницы в Чувашской Республике засоряются главным образом следующими видами сорняков. Из однолетних сорняков на посевах преобладают: пикульник, мокрица, марь белая, ярутка, подмаренник цепкий, звездчатка, куриное просо; из многолетних – осот полевой, вьюнок полевой, бодяк полевой (табл. 2). Сорные растения вредят посевам, снижая продуктивность растений, в результате конкуренции за потребление

влаги и минеральные элементы питания, способствуют развитию болезней и вредителей, значительно снижают качество урожая и затрудняют проведение уборочных работ.

Основа системы борьбы с сорняками – соблюдение агротехники возделывания культур, создание благоприятных условий для роста и развития растений. Все приемы механической обработки почвы следует проводить когда сорняки находятся в состоянии проростков.

Опыт ведения земледелия доказывает, что только агротехническими мерами не всегда удается очистить поля от сорняков. Наибольший эффект получается при сочетании агротехнических и химических мер борьбы с сорняками. На сегодняшний день наиболее быстрым и действенным способом борьбы с сорными растениями остается применение гербицидов.

Защитные мероприятия проводят с учетом прогноза развития вредителей, болезней и сорняков, используя данные фитосанитарного обследования посевов по хозяйству.

Надо отметить, что тенденция применения баковых смесей пестицидов является сегодня одним из ключевых, поскольку такое внесение позволяет резко снизить стоимость обработок и повысить производительность труда.

На посевах озимой пшеницы в нашем опыте против широкого спектра однолетних и многолетних двудольных и злаковых сорняков 8 мая использовались гербициды:

– Бомба, ВДГ – (трибенуронметил, 563 г/кг + флорасулам, 187 г/кг) дозой 0,03 кг/га в баковой смеси с селективным послевсходовым системным гербицидом от злаковых сорняков Ластик Топ, МКЭ дозой 0,5 л/га - (феноксапроп-П-этил, 90 г/л + клодинафол – пропаргил, 60 г/л, + антидот клоквинтосетмексил, 40 г/л) + Галоп, Ж дозой 0,5 л/га.

Опрыскивание посевов данными гербицидами приводило к очень хорошему очищению посевов от однолетних двудольных сорняков и задержке роста многолетних сорняков (табл. 2).

Таблица 2

Засоренность посевов озимой пшеницы по видам сорняков (перед уборкой, шт./м^2)

Вид сорняков	Контроль (без гербицидной обработки)	Экономический порог вредоносности (ЭПВ), шт/м^2	Гербицидная обработка
			Бомба, ВДГ + Ластик Топ, МКЭ + Галоп, Ж
Марь белая	6,0	10-15	-
Звездчатка (мокрица)	16,0	10-15	-
Щетинник	4,0	10-15	-
Пикульник	9,0	5-10	-
Пастушья сумка	6,0	10-20	-
Просвирник	2,0	2-3	1.0
Бодяк	3,0	1-2	-
Ярутка полевая	8,0	10-20	-
Вьюнок	2,0	2-3	1,0
Подмаренник цепкий	4,0	2-5	1.0
Осот полевой	6,0	1-2	1.0
Сурепка обыкновенная	4,0	5-10	-
Овсюг	2,0	3-5	-
Щирица	4,0	5-10	1,0
Куриное просо	7,0	10-15	-
Итого	83,0		5,0

Первые симптомы угнетения сорняков появились через 7-10 дней после опрыскивания, а их полная гибель наступила через 3-4 недели в зависимости от вида сорняков.

Потери урожая зерна озимой пшеницы при такой засоренности (83 шт/м^2) составили 26%. Вредители и болезни повреждают пшеницу в течение всей вегетации, нанося огромный вред растениям (табл. 3).

Таблица 3

Степени развития болезней и величина повреждений вредителями в посевах озимой пшеницы в среднем за два года (2018-2019 гг.) производственных опытов

Название болезни и вредителей	Поражаемый орган	Срок проявления	ЭПВ, %	Без обработки, %	С обработкой, %	Недобор урожая, без обработки %
Пыльная головня	колос	начало восковой спелости	0,5	0,6	0	1,0
Бурая ржавчина	листья	выход в трубку - молочная спелость	5-10	8	1.5	2,4
Стеблевая ржавчина	стебли, листья, колос	выход в трубку - полная спелость	1-5	6	0	0.5
Желтая ржавчина	листья, стебли, колос	кущение - восковая спелость	10-20	12	2,0	1,6
Септориоз	листья, стебли, колос	выход в трубку - молочная спелость	10-20	11	5,2	2,4
Корневая гниль – фузариозная и гельминтоспориозная	корни, нижние междоузлия	всходы - полная спелость	10-15	14	5,5	2,3
Мучнистая роса	листья, стебли, колос	всходы - восковая спелость	5-10	15	0	2.8
Гессенская муха	междоузлия	всходы - кущение	30-40 шт. на 100 взмахов сачком	35 шт.	1,4 шт.	2,0
Озимая совка	листья, стебель	всходы - кущение	2-3 гусеницы на $м^2$	4 гусеницы	1,0 гусеница	1,5
Шведская муха	стебель	всходы - кущение	30-40 шт. на 100 взмахов сачком	38 шт.	4,0 шт.	3.2
Злаковые тли	листья	выход в трубку - молочная спелость	10-20 особей на стебель	23 шт.	4,4 шт.	2,4
Пшеничный трипс	колос, зерно	выход в трубку - восковая спелость	40-50 личинок на колос	42 шт.	2 шт.	2,2

Для борьбы с основными болезнями (септориоз, бурая, стеблевая и желтая ржавчина, мучнистая роса, фузариозные и гельминтоспориозные корневые гнили) во время вегетации посевы озимой пшеницы обрабатывали в фазу начало колошения, фунгицидом Кредо, СК дозой 0,5 +Аллюр, Ж дозой 0,2 л/га.

Вторую фунгицидную обработку – опрыскивание провели в фазу начало цветения пшеницы препаратом Спирит СК, дозой 0,6 л/га. Данные препараты смогли обеспечить до 93% защиту посевов от болезней (мучнистая роса, виды ржавчин, септориоз, фузариоз), когда на контрольных вариантах (без обработки) степень зараженности данными болезнями была выше порога вредоносности.

Озимая пшеница повреждается различными вредителями, которые значительно снижают урожай. К основным вредителям, наносящим большой вред в условиях Чувашской Республики, относятся озимая совка, шведская и гессенская муха, тли, трипсы.

Для защиты посевов от тлей и трипсов, когда численность их превышает экономический порог вредности в фазу конца колошения начало цветения, провели опрыскивание посевов инсектицидом Борей Нео дозой 0,15 л/га.

Потери (недобор) урожая % вычисляли по формуле:

$$П = (а * К) :100,$$

где а – пораженность растений, %;

К – коэффициент вредоносности.

При расчете недобора урожая зерна озимой пшеницы (%) также использовали данные шкалы К.М. Степанова и А.Е. Чумакова, шкалы Г.Ю. Тушинского и Г.Н. Пыжиковой, уравнение Т.И. Захаровой.

Снижение степени зараженности болезнями, вредителями и конкуренции со стороны сорняков способствовало хорошему росту и развитию озимой пшеницы (табл. 4).

По сравнению с контрольным вариантом получен высокий урожай зерна озимой пшеницы – 50,3 ц/га, что на 20,7 ц/га выше контроля. Количество сохранившихся растений в начале уборки было больше на 146 шт. на 1 м^2, количество зерен в колосе – на 10 шт., натура зерна выше на 140 г/л, масса 1000 зерен больше на 8 граммов.

Таблица 4

Структура урожая озимой пшеницы

Вариант	Кол-во растений перед уборкой, шт./м^2	Кол-во зерен на колосе, шт.	Натура зерна, г/л.	Масса 1000 зерен, г	Урожай-ность, ц/га
Контроль	382	22	638	34	29,6
1. Оплот Трио, ВСК + Табу, ВСК. 2. Бомба, ВДГ + Ластик Топ, МКЭ + Галоп, Ж 3. Кредо, СК+ Аллюр, Ж + Борей Нео. 4. Спирит, СК	528	32	778	46	50,3

Исследованиями установлено, что применение данных пестицидов в посевах озимой пшеницы является экономически эффективным мероприятием: понизилась себестоимость зерна на 260 руб./ц; существенно повысилась прибыль с одного гектара – на 16473 руб./га, повысилась рентабельность возделывания зерна озимой пшеницы на 62% (табл. 5).

Таблица 5

Экономическая эффективность применения комплексной защиты озимой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га	Стоимость продукции руб./га	Производственные затраты, руб./га	Прибыль, руб./га	Себесто-имость, ц/ руб.	Рентабельн ость, %
Контроль	29,6	28120	21874	6246	738	28
Опыт	50,3	47785	25066	22719	478	90

Таким образом, испытанные пестициды при оптимальных дозах и сроках внесения повышают урожай и качество зерна озимой пшеницы: в результате снижения степени зараженности болезнями, заселения вредителями и засоренности посевов. Применение комплексной защиты в посевах озимой пшеницы данных пестицидов является экономически выгодным агротехническим приемом – снижается себестоимость зерна, существенно повышается прибыль с одного гектара.

Литература

1. Алтухов А.И. Производство пшеницы в стране растет, но качество её снижается // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. – № 11. – С. 2.

2. Алтухов А.И. Производству высококачественной пшеницы необходима государственная поддержка // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3 (23). – С.15-16.

3. Антонов В.Г. Результаты эффективности применения минимальных способов обработки почвы во второй ротации севооборотов на серых лесных почвах Чувашской Республики // Агромир Поволжья, Ульяновск. – 2017. – С. 6-9.

4. Сорные растения // Справочник и учебно-методическое пособие под редакцией Артохина К.С., М: Печатный город, – 2010. – 272 с.
5. Турусов В.И., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Засоренность посевов в различных условиях агроландшафта. //Защита и карантин растений. – 2014. – № 4. – С 15-19.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур // Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М. – 1988. – 121 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Под общей редакцией М.А.Федина – М: Изд-во Госагропром. – 1985. – 270 с.

EFFICIENCY OF INTEGRATED PROTECTION OF WINTER WHEAT NEW DRUGS, JSC FIRM «AVGUST»

V.G. Antonov, D.A. Dementiev
CHUVASH AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE – BRANCH OF FEDERAL STATE BUDGETARY, FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER THE NORTH-EAST
E-mail: optniish@cbx.ru

Abstract: *The article presents the results of studies obtained during the production experiments to study the effectiveness of the use of new drugs of JSC «August» in the complex system of protection of winter wheat crops on gray forest soil. According to the results of production experience, it was found that due to the reduction of: the degree of infection with diseases, settlement of pests and contamination of crops, a high yield of winter wheat grain of 50.3 t/ha was obtained, which is 20.7 t/ha higher than without their use. At the same time, the number of preserved plants by the beginning of harvesting increased by 146 PCs. on 1 m^2., the number of grains in the ear per 10 PCs., grain nature at 140 g/l., weight of 1000 grains per 8 grams. Application of the integrated protection of winter wheat crops is cost-effective: lower cost of winter wheat at 260 RUB./kg, significantly increased profit per hectare – 16473 RUB/ha, profitability of grain production of winter wheat increased by 62% .*

Keywords: winter wheat, protectants, herbicides, fungicides, insecticide, infestation, yield, economic efficiency.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11123
УДК 633.14: 631.52

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВСА НА СУММАРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ В ЗЕРНЕ И ВЕЛИЧИНУ ПРОДУКТИВНОСТИ

В.И. ПОЛОНСКИЙ [1,4], доктор биологических наук
А.В. СУМИНА[2], кандидат сельскохозяйственных наук
Т.М. ШАЛДАЕВА[3] , кандидат биологических наук
[1] ФГБОУ ВО «КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
[2] ФГБОУ ВО «ХАКАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Ф. КАТАНОВА», Г. АБАКАН
[3] ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СИБИРСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД СО РАН, НОВОСИБИРСК
[4]ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Г. КРАСНОЯРСК

С целью установления влияния внешних условий на суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в зерне и элементы продуктивности выращивали образцы овса в течение трех лет в трех географических пунктах Красноярского края и Республики Хакасия: Краснотуранском, Бейском и Ширинском ГСУ. Объектами служили 4 пленчатых образца – Аргумент, Ровесник (Сельма), Саян, Тубинский и 1 голозерный образец овса Голец. Для определения ССА в зерне использовали 2 растворителя – бидистиллированную воду или 70%-ный этанол. Измерение ССА выполняли на приборе «Цвет Яуза-01-АА». В качестве

образца сравнения использовали галловую кислоту. Параллельно измеряли продолжительность вегетационного периода и продукционные характеристики овса: массу 1000 зерен, величину урожайности. Используемые методы экстракции показали практически одинаковые результаты. Найдено, что уровни ССА в зерне овса, выращенного в разных географических пунктах в течение трех лет, достоверно между собой не различались. Статистически не было доказано существование корреляционной связи между уровнем ССА в зерне овса с одной стороны и массой 1000 зерен, длиной вегетационного периода или величиной урожая зерна с другой. Найдено наличие тенденции положительной связи между уровнем ССА в зерне и длиной вегетационного периода и отрицательной связи между уровнем ССА в зерне и величиной урожая зерна. Установлено, что при выращивании овса в разные годы, но в одном географическом пункте уровень ССА у всех сортов изменялся однотипно, и ранжирование образцов по данному признаку не нарушалось. В случае выращивания овса в разных местах значение ССА у всех сортов изменялось непропорционально, и их ранжирование по указанному признаку заметно нарушалось. Голозерный образец овса по сравнению с пленчатыми не выделялся по уровню ССА в зерне.

Ключевые слова: овес, сорт, зерно, вода, спирт, антиоксиданты, масса 1000 зерен, вегетация, урожайность, географический пункт

Известно, что зерно овса обладает высокой питательной ценностью, содержит бета-глюканы и характеризуется наличием антиоксидантов. Показано, что химические вещества, обладающие антиоксидантной активностью, способствуют профилактике ряда серьезных заболеваний человека [7]. В настоящее время содержание антиоксидантов достаточно исследовано в разнообразных овощах и фруктах [5], но изучению этих важных химических соединений в зерне овса посвящено сегодня лишь небольшое количество работ [6]. При этом, сведений о влиянии на содержание антиоксидантов в зерне овса погодных и климатических факторов, а также информации о связи содержания этих химических веществ с показателями продуктивности в литературе чрезвычайно мало [2].

Целью работы является определение связи между суммарным содержанием антиоксидантов в зерне овса и их продукционными характеристиками в различных условиях выращивания.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали 4 пленчатых и 1 голозерный сорт овса: Аргумент, Сельма (Ровесник), Саян, Тубинский и Голец. Эксперименты проводили в 2015-2017 гг. на опытных полях, расположенных в следующих географических пунктах: ГСУ в Бейском районе и ГСУ в Ширинском районе (Республика Хакассия), ГСУ в Краснотуранском районе (Красноярский край).

Агрометеорологические условия в Бейском районе по годам были схожи: 2015 и 2016 годы – увлажненные (ГТК – 1,39 и 1,44), а 2017 г. – избыточно влажный (ГТК – 2,06). Аналогичная картина наблюдалась и на других участках исследования: 2017 год был более увлажненным в сравнении с 2015 и 2016 годами. Так, для Ширинского района значения ГТК составили 2,16, для Краснотуранского – 1,98. В 2015 году в районах исследования ГТК имели значения 1,15 и 1,37 соответственно, в 2016 году – 1,36 и 1,12.

Для определения суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в зерне овса производили экстрагирование проб двумя элюентами – горячей бидистиллированной водой или 70%-ным этиловым спиртом. Измерение величины ССА в пробах овса выполняли с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА» [3, 4]. В качестве образца сравнения использовали галловую кислоту. Повторность трехкратная.

Для каждого сорта овса вычисляли продолжительность вегетационного периода и величину урожайности, определяли массу 1000 зерен. Повторность определения каждого показателя двукратная.

Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel 2003. Достоверность результатов оценивали t-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

В работе были определены величины ССА в зерне образцов овса, выращиваемых в условиях Красноярского края и Республики Хакасия. Применяемые два метода экстракции при измерении ССА в зерне показали практически одинаковые результаты (табл. 1). Усредненные за 3 года значения коэффициентов корреляции между уровнями ССА, измеренными после экстракции водой и уровнями ССА, измеренными после экстракции спиртом, для трех географических пунктов Бея, Шира и Краснотуранск составили существенные величины: 0,922, 0,976 и 0,917 соответственно. Отметим, что содержание водорастворимых антиоксидантов в зерне при этом незначительно превышало уровни спирторастворимых антиоксидантов.

Из данных, представленных в таблице 1, можно видеть, что средние значения ССА в зерне овса, выращенного в разных географических пунктах в течение трех лет, достоверно между собой не различались.

Таблица 1

Длина вегетационного периода, показатели продуктивности и суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в зерне образцов овса, выращенных в трех географических пунктах. Средние данные за 3 года

Название образца	Длина вегетационного периода, сут.	Масса 1000 зерен, г	Урожай-ность, г/м^2	ССА (водо растворимые), мг/100 г	ССА (спирто-растворимые), мг/100г
Бейский район					
Аргумент	87,0	43,9	31,7	45,2	45,6
Ровесник	84,7	44,1	33,5	35,6	33,5
Саян	84,3	38,8	32,7	42,1	44,3
Тубинский	83,0	38,4	36,1	36,2	31,9
Голец	86,3	31,0	20,5	46,4	43,1
Среднее	85,1±0,7 а**	39,2±2,4* а	30,9±2,7 а	41,1±2,2 а	39,7±2,9 а
Ширинский район					
Аргумент	84,3	40,0	19,5	45,9	42,9
Ровесник	82,7	35,3	19,9	37,1	38,4
Саян	82,0	37,0	18,9	55,0	52,4
Тубинский	82,0	33,7	21,6	38,7	38,4
Голец	85,3	22,8	15,8	42,1	39,5
Среднее	83,3±0,7 а	33,7±1,2 а	19,1±0,9 б	43,8±3,2 а	42,3±2,6 а
Краснотуранский район					
Аргумент	78,3	40,8	39,4	52,3	49,8
Сельма	77,7	37,0	37,3	37,6	38,6
Саян	76,3	35,6	38,2	39,5	41,9
Тубинский	76,3	36,4	42,2	38,9	35,9
Голец	78,3	27,6	25,7	44,8	46,0
Среднее	77,4±0,5 б	35,5±2,2 а	36,6±2,8 а	42,6±2,7 а	42,4±2,5 а

**средняя арифметическая величина и ошибка средней, **значения в строках с разными буквами различаются существенно между собой в пределах каждой колонки по t-критерию при p ≤0,05.*

Пленчатые образцы формировали зерно с таким же уровнем ССА, что и голозерный. Масса 1000 зерен овса, выращенного в разных географических пунктах, существенно не различалась. Наименьшей продолжительностью вегетационного периода значимо отличались сорта, выращенные в Краснотуранском ГСУ. Максимальное значение урожая зерна было характерно для условий Краснотуранского ГСУ, а минимальное – при выращивании овса в Ширинском ГСУ.

Результаты выполненного анализа связи между значениями ССА в зерне овса с одной стороны и длиной вегетационного периода, показателями его продуктивности с другой приведены в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между длиной вегетационного периода, показателями продуктивности и суммарным содержанием антиоксидантов (ССА) в зерне образцов овса при выращивании в разные годы в различных географических пунктах

Название сортоучастка	Год	Коэффициенты корреляции между ССА и		
		Длиной вегетац. периода	Массой 1000 зерен	Урожайностью
Бейский	2015	0,806/0,839	-0,545/-0,124	-0,962/-0,780
	2016	0,988/0,943	-0,361/-0,227	-0,612/-0,443
	2017	0,663/0,488	0,020/-0,155	-0,561/-0,352
Среднее по годам		0,819/0,757	-0,295/-0,169	-0,712/-0,525
Ширинский	2015	-0,053/-0,176	0,580/0,732	-0,063/-0,030
	2016	-0,426/-0,238	-0,143/0,127	-0,137/-0,075
	2017	-0,121/-0,396	0,024/0,159	-0,166/-0,320
Среднее по годам		-0,200/-0,270	0,154/0,339	-0,122/-0,142
Краснотуранский	2015	0,522/0,540	0,196/0,180	-0,017/-0,093
	2016	0,394/0,398	-0,045/-0,283	-0,378/-0,591
	2017	0,153/0,495	0,372/0,155	-0,091/-0,438
Среднее по годам		0,356/0,478	0,174/0,017	-0,162/-0,374
Среднее по годам и пунктам		0,325±0,295 /0,322±0,307	0,011±0,153 /0,062±0,148	-0,332±0,191 /-0,347±0,116

**числитель – значение ССА измерено при экстракции дистиллированной водой, знаменатель – значение ССА измерено при экстракции этанолом*

Можно видеть существование тенденции положительной корреляционной связи между уровнем ССА в зерне овса и длиной вегетационного периода, а также отрицательной связи между показателем ССА и величиной урожая зерна. Корреляционная связь между показателем массы 1000 зерен и уровнем ССА в зерне овса отсутствовала вовсе, что подтвердило полученные нами ранее результаты при выращивании овса в течение 1 года [1] и экспериментальные данные других авторов [8]. Следует подчеркнуть, что во всех случаях рассматриваемые корреляционные связи не являлись значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты выполненного анализа зависимости уровней ССА в зерне от генотипа и погодных условий выращивания овса (сравнение между разными годами) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между уровнями ССА у образцов овса, выращенных в разные годы в трех географических пунктах

Название Сортоучастка	Показатель	Коэффициенты корреляции между ССА по годам		
		2015-2016	2015-2017	2016-2017
Бейский	ССА, бидистиллят	0,871*	0,853*	0,964*
	ССА, 70% спирт	0,822	0,590	0,944*
Ширинский	ССА, бидистиллят	0,818	0,837	0,990*
	ССА, 70% спирт	0,947*	0,875*	0,973*
Краснотуранский	ССА, бидистиллят	0,913*	0,942	0,965*
	ССА, 70% спирт	0,870*	0,698	0,924*
Среднее по пунктам	ССА, бидистиллят	0,867*	0,877*	0,973*
	ССА, 70% спирт	0,880*	0,721	0,947*

**корреляционная связь существенна при p ≤0,05*

Можно видеть сильную корреляционную связь между ССА в зерне овса по годам выращивания практически в каждом географическом пункте. Она подтверждена статистически в среднем по пунктам для всех сопоставляемых лет выращивания кроме учета спирторастворимых ССА в зерне между 2015 и 2017 годами.

Полученные данные, вероятно, могут свидетельствовать о том, что при выращивании овса в разные годы, но в одном месте уровень ССА у всех сортов изменялся практически

однотипно, и ранжирование сортов по этому признаку заметно не нарушалось. Поэтому можно предположить, что величину ССА в зерне овса, главным образом, определяет генотип, а не географический пункт. Следовательно, успешная селекция рассматриваемой сельскохозяйственной культуры на повышенный уровень ССА в зерне вполне возможна. Результаты выполненного анализа зависимости уровней ССА в зерне от генотипа и климатических условий выращивания овса (сравнение между разными географическими пунктами) приведены в таблице 4

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между уровнями ССА у образцов овса, выращенных в различных географических пунктах в разные годы

Год	Показатель	Коэффициенты корреляции между ССА по госсортоучасткам		
		Бея-Шира	Шира-Краснотуранск	Бея-Краснотуранск
2015	ССА,бидистиллят	0,454	0,078	0,687
	ССА, 70% спирт	0,426	0,178	0,922*
2016	ССА, бидистиллят	0,548	0,170	0,865*
	ССА, 70% спирт	0,592	0,113	0,860*
2017	ССА, бидистиллят	0,497	0,219	0,640
	ССА, 70% спирт	0,685	0,373	0,862*
Среднее по годам	ССА, бидистиллят	0,500	0,156	0,731
	ССА, 70% спирт	0,568	0,221	0,881*

**корреляционная связь существенна при p ≤0,05*

В большинстве случаев можно видеть отсутствие достоверных связей между этими биохимическими показателями. Данный факт, по-видимому, может свидетельствовать в пользу того, что при выращивании овса в разных географических пунктах уровень ССА у всех сортов изменялся непропорционально, и ранжирование сортов по рассматриваемому качественному признаку зерна заметно нарушалось.

Заключение

Таким образом, используемые в работе методы экстракции при помощи бидистиллированной воды или 70%-ного этанола показали практически одинаковые результаты измерения ССА в зерне у образцов овса, выращенного в течение трех лет в разных географических пунктах Красноярского края и Республики Хакасия: Краснотуранском, Бейском и Ширинском ГСУ.

Средние значения ССА в зерне овса, выращенного в разных географических пунктах в течение трех лет, достоверно между собой не различались. Не было статистически доказано наличие значимой корреляционной связи между уровнем ССА в зерне с одной стороны и длиной вегетационного периода, продукционными характеристиками овса с другой. В работе установлено существование тенденции корреляции между уровнем ССА в зерне и длиной вегетационного периода (положительная), а также величиной урожая зерна (отрицательная). Показано, что при выращивании овса в разные годы, но в одном географическом пункте уровень ССА у всех сортов изменялся однотипно и ранжирование образцов по данному признаку не нарушалось. В случае выращивания овса в разных местах значение ССА у всех сортов изменялось непропорционально и их ранжирование по указанному качественному признаку заметно изменялось. Голозерный образец овса по сравнению с пленчатыми не выделялся по уровню ССА в зерне и имел гораздо меньшие значения массы 1000 зерен и величины урожайности.

Литература

1. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Оценка содержания антиоксидантов в зерне ячменя и овса на основе его физических показателей // Вестник Красноярского ГАУ. – 2016. – № 8. – С. 59-64.

2. Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М., Количенко А.А., Савельева И.Н. Влияние абиотических факторов среды и генотипа на содержание антиоксидантов в зерне ячменя и овса // Успехи современного естествознания. – 2018. - № 8. – С. 85-90.

3. Федина П.А., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 91–97.
4. Яшин А.Я., Яшин Я.Н., Федина П.А.,. Черноусова Н.И Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах // Аналитика. – 2012. – № 1. – С. 32- 36.
5. Calado J.C.P., Albertão P.A., de Oliveira E.A., Letra M.H.S., Sawaya A.C.H., Marcucci M.C. Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food // Agricultural Sciences. – 2015. – Vol. 6. – No. 2. – P. 426-435.
6. Dykes L., Rooney L.W., Phenolic Compounds in Cereal Grains and Their Health Benefits // Cereal Foods of World. – 2007. – Vol. 32. – No. 1. – P. 105-111.
7. Hurtado-Fernández,E., Gómez-Romero M., Carrasco-Pancorbo A., Fernández-Gutiérrez A. Application and potential of capillary electroseparation methods to determine antioxidant phenolic compounds from plant food material // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. – 2010. – Vol. 53. – No. 5. – P. 1130-1160.
8. Qiu Y., Beta T. Antioxidant properties of soluble and insoluble phenolic acids // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 121. – No 1. – P.140-147.

INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS ON YIELD AND TOTAL ANTIOXIDANTS CONTENT IN OAT GRAIN

V.I. Polonskiy[1,4], A.V. Sumina[2], T.M. Shaldaeva[3]
[1] FSBEI HE «KRASNOYARSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY»
[2] FSBEI HE «KATANOV KHAKASS STATE UNIVERSITY», Abakan
[3] CENTRAL SIBERIAN BOTANICAL GARDEN, Novosibirsk
[4] SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY, Krasnoyarsk

Abstract: *In order to establish the influence of climatic conditions on the total antioxidants content (TAC) in the grain, oat samples were grown for three years in three geographical points of the Krasnoyarsk territory and the Republic of Khakassia: Krasnoturansky, Beisky and Shirinsky State Varietal Site (SVS). The research objects were 4 hulled and 1 naked sample oat: the Argument, Rovesnik (Selma), Sayan, Tubinskiy and Golets. To determine the TAC in the grain, 2 solvents were used - bidistilled water or 70% ethanol. The measurement was performed on the device «Color Yauza-01-AA». Gallic acid was used as a comparison sample. In parallel, the duration of the growing season and the production characteristics of oats: 1000 grain weight and the yield were measured. The extraction methods used showed almost the same results. It is shown that the levels of TAC in oat grain grown in different geographical locations for three years did not significantly differ from each other. There was no statistically proven correlation between the level of TAC in oat grain on the one hand and 1000 grain weight, the length of the growing season or the grain yield on the other. In this case, the presence of tendency of relationship between the level of TAC in the grain and the duration of the growing season (positive), and the grain yield (negative). It was found that when growing oats in different years, but in one geographical point, the level of TAC in all varieties changed the same type, and the ranking of samples on this basis was not violated. In the case of growing oats in different places, the value of TAC in all varieties changed disproportionately, and their ranking on this basis was noticeably violated. Naked oat sample compared to hulled not allocated by level TAC in the grain.*

Keywords: oats, variety, grain, bidistilled water, alcohol, total antioxidants content, 1000 grain weight, vegetation period, yield, year, geographical point.